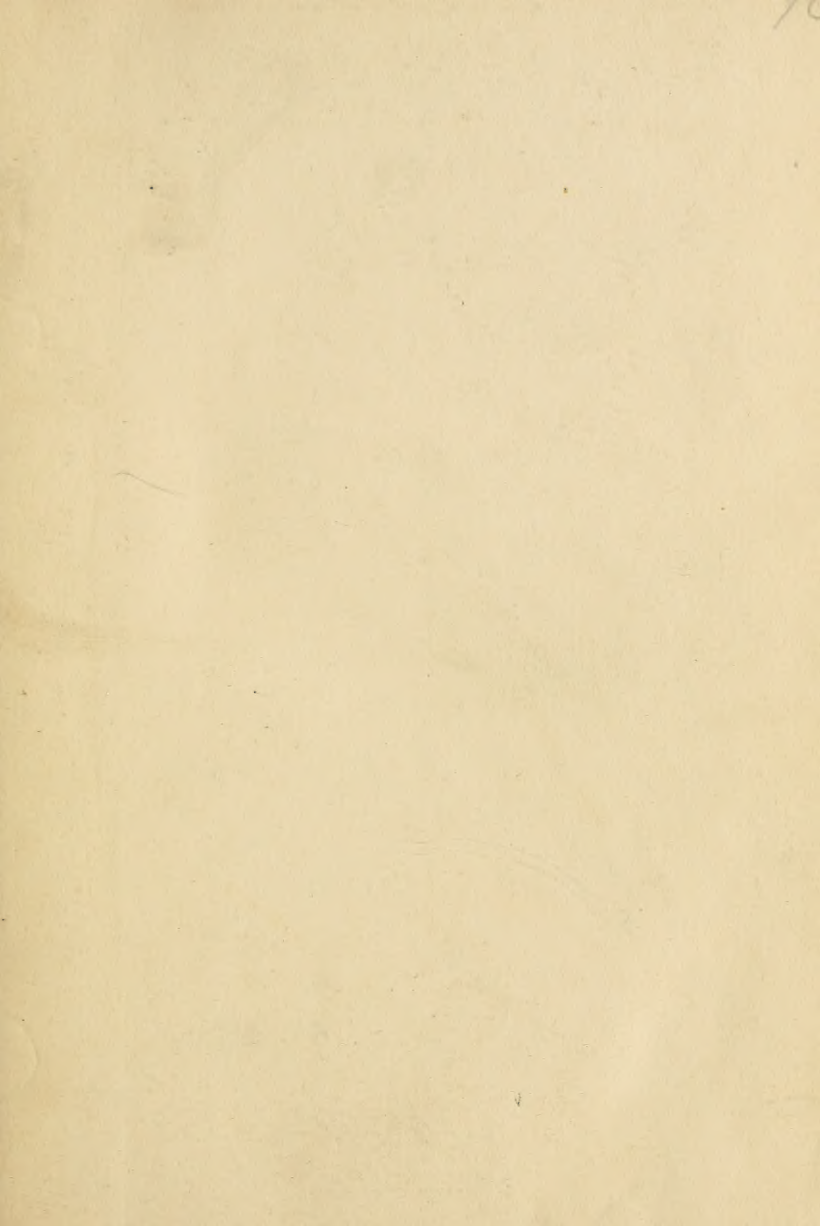
FIRST SCIENTIFIC FRENCH READER

BOWEN



Heath's Modern Language Series

A FIRST SCIENTIFIC FRENCH READER

BY

B. L. BOWEN

PROFESSOR OF ROMANCE LANGUAGES IN THE OHIO STATE UNIVERSITY

BOSTON, U.S.A.
D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS
1909

PREFACE

THIS *Reader* is intended to adapt itself to the needs of classes which begin French in our technical schools and in the scientific courses of our universities, as also to the early work of fitting schools. The purpose has been to provide material sufficient in scope and variety to prepare students for reading scientific French. While offering a series of graded selections that afford interesting information on a variety of sciences, the endeavor has been made to choose mainly topics whose subject matter is well established and will not be invalidated by the developments of the near future.

Among the works utilized in the selection of material, mention may be made of the little volume by Camille Flammarion entitled *Qu'est-ce que le ciel?* from which the three pieces dealing with astronomy (numbers XI., XII., and XIII.) have, with slight omissions, been borrowed. Several of the short selections at the beginning have been taken from Garrigues et Boutet de Monvel: *Simples lectures sur les sciences;* while others were furnished by *les Grandes inventions modernes* (eleventh edition) by Figuier. The two articles concerning light have been taken, in somewhat abridged form, from *la Lumière* by Moitessier, in Hachette's "Bibliothèque des merveilles."

B. L. BOWEN.

OHIO STATE UNIVERSITY
COLUMBUS, April, 1902

CONTENTS

SCIENTIFIC FRENCH READER

I. LA NEIGE

La *neige* est de la vapeur d'eau[1] congelée dans les hautes régions de l'atmosphère, dont la température est à 0° ou même au-dessous. Le volume de la neige est ordinairement six fois celui d'une masse d'eau du même poids; quelquefois même elle devient dix, douze, quatorze et vingt fois plus légère que l'eau: aussi la neige tombe-t-elle[2] lentement, ralentie dans sa chute par la résistance de l'air.

La neige peut retourner à l'état d'eau liquide et de vapeur en passant dans les régions inférieures de l'air, plus chaudes que celles où elle s'est formée.[3] La quantité et la fréquence de la neige augmentent à mesure qu'on se rapproche des pôles ou qu'on s'élève à une plus grande hauteur. Souvent il tombera de la neige[4] sur une montagne et de la pluie sur les plaines environnantes. En s'élevant à une hauteur suffisante, dans un pays quelconque,[5] on atteint une région où les neiges couvrent perpétuellement le sol. Ces neiges, fondues par-dessous, donnent naissance à de nombreuses sources, tandis que leur surface est ou transformée en vapeurs, ou accrue d'une couche nouvelle, suivant que le temps est plus chaud ou plus froid. On trouve des *neiges perpétuelles*[6] à 2670

mètres de hauteur dans les Alpes, à 4800 mètres dans les Andes, sous l'équateur, et à 1060 mètres seulement dans les régions de la Norvège qui approchent le plus du pôle.

La chaleur que la terre communique aux neiges qui la couvrent, et que celles-ci envoient ensuite vers les cieux, est moindre que celle qu'enverrait la terre nue;[1] il faut donc, en hiver, laisser à la terre le manteau de neige qui l'abrite, pour l'empêcher de se trop refroidir; mais quand vient le printemps, il faut, pour profiter des rayons du soleil, faire fondre la neige. Le noir, qui absorbe la chaleur plus qu'aucune autre couleur, jouit de cette propriété; et voilà pourquoi les montagnards de la vallée de Chamonix,[2] au pied du mont Blanc,[3] sont dans l'usage de répandre des terres noires sur la neige, pour en accélérer la fonte et avancer le temps du labourage.

II. LES VENTS

Le *vent* est l'air en mouvement. Plus[4] ce mouvement est rapide, plus le vent est fort. Le vent ne devient *sensible* que lorsqu'il fait environ 4 ou 5 kilomètres à l'heure,[5] comme un homme qui marche.[6] Le vent est *fort* lorsqu'il fait 35 kilomètres à l'heure; il est *très fort* lorsqu'il en[7] fait 70; il devient *tempête* lorsqu'il en fait 100, et *ouragan* lorsqu'il en fait 130 à 180.

Les principales causes du vent sont d'abord les différences de température qui existent entre les régions de la terre et qui tendent à établir des courants réguliers, puis la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère, qui y trouble l'équilibre comme si l'on[8] soutirait une partie de l'air qui s'y trouve.

Dans la région de l'équateur, les ouragans ont une violence extrême, dont nous n'avons, nous habitants des climats tempérés, qu'une bien faible idée. Il n'est pas rare de voir aux Antilles le vent soulever d'énormes poutres comme une paille, et les lancer avec une force incroyable à plus de[1] 100 mètres de distance, arracher des canons de leurs affûts, renverser des maisons, bâties, il est vrai, plus légèrement que les nôtres, et causer d'affreux désastres dans les plantations et les forêts.

Le *simoun*[2] souffle de l'intérieur de l'Afrique sur le vaste désert de Sahara, colore l'atmosphère en jaune, en bleu et en violet, et roule des vagues de sable qui ont jusqu'à six mètres de hauteur. Il prend le nom de *siroco* en Italie, où il se fait sentir affaibli.[3]

Dans les parties du Grand Océan qui avoisinent l'équateur, un vent modéré souffle constamment du levant au couchant : on l'appelle *vent alizé*. Dans l'océan Indien, les vents soufflent six mois dans une direction, et six mois dans la direction opposée ; ces vents se nomment *moussons*. Enfin, près du rivage, le vent, pendant le jour, vient de la mer, et pendant la nuit, il vient de la terre : le premier s'appelle *brise de mer,* et le second *brise de terre.* Ce double mouvement provient de ce que,[4] pendant le jour, l'air en contact avec la terre est plus échauffé que celui qui est au-dessus de la mer ; alors il s'élève et est remplacé par l'air plus froid qui vient de la mer. Le contraire arrive pendant la nuit, l'air de la mer étant alors plus chaud que celui qui est au-dessus de la terre. C'est à cause de ce double mouvement de l'air sur les côtes que les contrées qui avoisinent les mers n'ont pas des[5] étés aussi chauds et des hivers aussi rigoureux que les pays placés dans l'intérieur des terres à la même latitude. La

température y est plus régulière et généralement plus élevée, mais fréquemment aussi le climat y est particulièrement pluvieux et humide.

Le vent transporte quelquefois, au milieu des couches d'air en mouvement, des corps solides, tels que des cendres volcaniques, des pollens de fleurs, surtout de fleurs de sapin, et même des œufs et des germes animaux ou végétaux. De là[1] ces prétendues pluies de soufre, de sang, de cendre, qui ont si souvent effrayé le vulgaire et rempli les esprits de craintes superstitieuses.

III. COMPOSITION DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

Parmi les gaz répandus dans l'atmosphère, il y en a[2] quatre que l'on trouve toujours dans l'air, en quelque lieu du globe et à quelque hauteur que l'on soit placé ;[3] ce sont l'*oxygène*, l'*azote*, la *vapeur d'eau*, l'*acide carbonique*. On pourrait y joindre encore quelques autres gaz, variables suivant les lieux, suivant les circonstances, mais qui ne représentent jamais qu'une[4] très petite fraction de la masse totale, et dont la présence est, en réalité, tout à fait accidentelle.

La quantité d'acide carbonique et de vapeur d'eau varie incessamment dans chaque lieu, et diffère d'un lieu à l'autre.

En somme, la quantité moyenne de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère n'en représente pas la cent cinquantième partie en poids, et l'acide carbonique, qui s'y trouve en bien plus petite quantité, varie de quatre à six dix-millièmes environ.

Si l'on examine la composition d'un certain volume

donné d'air libre, l'oxygène et l'azote s'y trouvent mélangés dans une proportion toujours la même; c'est-à-dire que, quel que soit[1] le lieu de la terre où l'on ait pris de l'air pour l'analyser, ou pour déterminer sa composition par la séparation de ses éléments, on a toujours trouvé, sur[2] 1000 litres d'air, 208 litres d'oxygène et 792 d'azote. L'air recueilli à de grandes hauteurs, soit sur les montagnes, comme on l'a fait sur le mont Blanc et sur les Andes, soit en ballon, a toujours paru composé de[3] la même manière, aussi bien que l'air recueilli dans les vallées les plus basses.

Avant de décomposer l'air, c'est-à-dire de séparer l'un de l'autre[4] les deux gaz dont il est essentiellement formé, on commence par dépouiller la masse qu'on veut analyser de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique qu'elle contient: on fait absorber l'un par de la potasse, l'autre par de l'acide sulfurique concentré; on s'occupe ensuite de séparer l'oxygène de l'azote, et l'on profite pour cela de la propriété qu'a l'oxygène de se combiner avec un grand nombre de substances, lorsqu'elles sont suffisamment chauffées. C'est ordinairement la tournure du cuivre que l'on emploie. Ce métal, porté à une haute température, se combine avec tout l'oxygène de l'air, et il[5] ne reste plus que de l'azote pur. On peut aussi opérer l'absorption de l'oxygène au moyen d'un morceau de phosphore; cette substance se combine d'elle-même avec l'oxygène, sans qu'il soit[6] nécessaire de la chauffer.

L'air n'est qu'un mélange de gaz et non une combinaison. Chacun des gaz qui le composent y manifeste ses propriétés comme s'il y était seul.

IV. PESANTEUR ; CHUTE DES CORPS DANS LE VIDE

On donne le nom de *pesanteur* à la force qui fait tomber les corps vers la terre, dès qu'ils ne sont plus soutenus. Cette force agit sur toutes les parties. Une pierre ou une balle de plomb qu'on attache à l'une des extrémités d'une corde fixée à l'autre bout, donne à cette corde une direction toujours la même dans un même lieu, et qui, si on la prolongeait, passerait par le centre de la terre. Cette direction est ce que l'on appelle la *verticale,* et le petit appareil très simple qui sert à la trouver porte le nom de *fil à plomb.* Tout le monde connaît l'usage qu'en font les ouvriers en bâtiment pour constater que les murs ou les pièces de charpente sont en bon état d'aplomb.

Il y a des circonstances où les corps abandonnés à eux-mêmes non seulement ne tombent pas, mais même prennent un mouvement de bas en haut ;[1] ainsi un bouchon de liège qu'on enfonce sous l'eau, puis qu'on lâche, monte à la surface ; ainsi l'air chaud s'élève dans l'air froid. Ce sont cependant encore des effets de la pesanteur, et nous verrons bientôt que, si le liège monte dans l'eau, c'est précisément parce que l'eau est, à volume égal, plus pesante que le liège ; et, de même, que l'air froid est plus pesant, à volume égal, que l'air chaud. Il ne faut pas plus s'en étonner que de[2] voir dans une balance le plateau plus chargé faire monter l'autre plateau.

La pesanteur fait tomber tous les corps de[3] la même façon. Cependant le plomb, la pierre, tombent dans les

circonstances habituelles plus vite que le papier, la neige ou le duvet. Mais on n'a qu'à faire tomber une première fois une feuille de papier déployée, puis une seconde fois cette même feuille roulée en boule, pour voir qu'il y a là une cause étrangère, indépendante de la nature et du poids du corps, qui fait obstacle au mouvement, et qui est la résistance de l'air. Si en effet, au moyen d'une double pompe à air, appelée *machine pneumatique,* on retire l'air d'un grand tube contenant du plomb et du duvet, on voit, en relevant le tube dans la position verticale, que ces deux corps tombent ensemble et sans se séparer. Si on laisse rentrer l'air, on voit, en renversant de nouveau le tube, les différences de vitesse reparaître.

Les corps tombent avec une vitesse croissante. Ainsi un corps parcourt environ 5 mètres dans la première seconde de sa chute; 15 mètres, ou 3 × 5,[1] dans la deuxième; 25 mètres, ou 5 × 5, dans la troisième; 35 mètres, ou 7 × 5, dans la quatrième, et ainsi de suite. Aussi[2] une petite pierre, tombant d'une grande hauteur, pourrait-elle blesser grièvement celui qu'elle atteindrait.

V. DILATATION DES CORPS PAR LA CHALEUR

Tous les corps soumis à l'action de la chaleur augmentent de volume; ils se contractent au contraire en se refroidissant. C'est une loi générale de la nature, bien qu'elle paraisse[3] quelquefois contrariée par des faits qui semblent produire des résultats tout opposés. Ainsi le bois en s'échauffant se dessèche; ses fibres se rapprochent par suite de la disparition de l'humidité qui les imprégnait, et il en résulte[4] une diminution de volume. Il en est de même

des[1] terres à poterie, qui éprouvent une contraction par la cuisson.

L'eau toutefois présente une particularité curieuse: lorsqu'on la prend à la température de la fusion de la glace[2] et qu'on[3] la laisse se réchauffer lentement, elle commence par se contracter quelque peu, puis elle se dilate comme tous les autres corps. C'est à la température de 4 degrés[4] qu'elle est resserrée sous le plus petit volume et qu'elle a par conséquent la plus grande densité. Le litre d'eau pèse alors un kilogramme; à toute autre température il pèse un peu moins.

Les métaux, et en général les corps solides, se dilatent moins que les liquides, et surtout beaucoup moins que les gaz. Ainsi en passant de la température de la fusion de la glace à celle de l'eau bouillante, le fer augmente d'environ $^1/_{250}$ de son volume primitif, le mercure de $^1/_{50}$, et l'air de plus d'un tiers.

Si pour les métaux on ne considère que l'accroissement en longueur, on trouve que, chauffé à la température de l'eau bouillante, le fer s'allonge d'environ $1^{mm},2$ par mètre; le cuivre et le laiton, d'environ $1^{mm},8$; l'étain de 2 millimètres, et le zinc de plus de 3 millimètres.

Aussi les rails de chemins de fer, les tuyaux de conduite des eaux ou du gaz d'éclairage, éprouveraient-ils inévitablement des torsions ou des ruptures, si on n'avait soin[5] de laisser entre deux rails qui se suivent un vide de quelques millimètres, et d'emboîter les tuyaux les uns dans les autres[6] pour donner une certaine liberté à leurs mouvements de dilatation. Il en est de même pour[7] les feuilles de zinc ou de plomb dont on couvre les toits: on se garde bien de[8] les fixer complètement.

Les différentes pièces d'un mécanisme d'horlogerie sont

sensibles à l'influence de la chaleur, et augmentent ou diminuent de diamètre ou de longueur. Cette action qui se fait sentir sur le balancier a pour effet de changer l'allure de l'horloge, de la faire marcher plus vite dans les temps froids, plus lentement au contraire dans les chaleurs. On arrive toutefois à corriger à peu près complètement ce défaut en composant ce balancier de pièces formées de métaux différents, et disposées de manière à se dilater en sens contraire. Leroy, Robert, Bréguet, Graham,[1] ont fait faire[2] d'immenses progrès à cette partie de l'art de l'horlogerie, et l'on a maintenant des montres, à l'usage des marins et des astronomes, qui ne varient que de quelques secondes en une année.

Ces effets de la dilatation ne sont pas toujours nuisibles; on en tire[3] au contraire quelquefois très heureusement parti dans l'industrie. Ainsi le charron, pour serrer les jantes de ses roues, a soin d'en garnir la circonférence avec des bandes de fer fortement chauffées, qui, en se refroidissant ensuite, se contractent et pressent alors étroitement les jantes les unes contre les autres. Il y a quelques années[4] qu'au Conservatoire des arts et métiers[5] M. Molard est parvenu à rapprocher les murs de la galerie, qui menaçaient de se séparer. Après avoir établi de l'un à l'autre des barres de fer qui dépassaient en dehors de chaque côté, et les avoir chauffées au rouge,[6] il adapta aux extrémités de solides écrous qu'il amena au contact des murs. Il laissa ensuite les barres se refroidir et reprendre leurs premières dimensions; dans leur mouvement de contraction, elles entraînèrent avec elles leurs écrous et les murs furent ainsi remis à leur aplomb.

VI. LES RACINES DES PLANTES

Les *racines* des plantes sont loin de se présenter toujours avec la même forme. On les voit tantôt s'enfoncer en droite ligne dans le sol, en s'amincissant à mesure qu'elles s'éloignent de la tige: ce sont les racines *pivotantes;* tantôt se diviser en quatre ou cinq branches qui se répandent dans des directions différentes, ou se glissent entre deux terres, et parviennent souvent ainsi à des distances très grandes de leur point de départ: telles sont les racines *rampantes;* d'autres forment une infinité de petits filaments qui donnent à la racine l'aspect d'une touffe de cheveux: on les appelle racines *fibreuses.* Ces filaments déliés que l'on retrouve dans toutes les racines forment le *chevelu* de la racine, et quand on transplante un arbuste il faut bien se garder de les détruire. Assez souvent la racine unique ou les divisions de la racine se gonflent de sucs et forment de grosses masses appelées *oignons* ou *tubérosités.* Il ne faut pas[1] confondre les tubérosités avec les *tubercules;* ainsi les tubercules de la pomme de terre n'ont rien de commun avec les racines. Ce sont des rameaux venant de la tige, en partie souterraine, qui se sont écartés[2] sous le sol, et se sont gonflés[3] de fécule. Les racines sont toujours faciles à distinguer de la tige ou des rameaux, parce qu'elles ne portent point de bourgeons.

Suivant la durée de la plante, on dit qu'elle est *annuelle, bisannuelle* ou *vivace.* Les deux premières expressions n'ont pas besoin d'explication; la dernière indique que la plante peut vivre plusieurs années. Au surplus, cette

distinction n'a qu'une médiocre importance, car telle plante, annuelle sous un climat, devient bisannuelle ou même vivace sous un autre. La culture peut aussi changer les conditions de l'existence des plantes.

Les plantes puisent dans le sol par leurs racines les sucs qu'il renferme ; et, chose remarquable, ces sucs, de natures si variées, ne sont pas tous[1] absorbés indifféremment par les racines ; elles semblent choisir, à l'exclusion de tous les autres, ceux qui doivent[2] nourrir le végétal : elles suivent les veines du terrain propres à les leur fournir. Aussi, dans un sol composé d'éléments si divers, où l'eau tient en dissolution tant de substances différentes, chaque plante puise sa nourriture propre.

Pour arriver aux parties du sol qui doivent fournir à la plante les principes dont elle a besoin, les racines rencontrent quelquefois des obstacles qu'elles parviennent à vaincre. Elles s'allongent pour traverser des couches où elles ne trouvent aucun aliment, et arriver aux parties du sol plus riches ; elles se courbent, se divisent, contournent les barrières qui leur sont opposées, et les percent au besoin par un travail lent, mais puissant.

VII. PHÉNOMÈNES DU MOUVEMENT

Lorsqu'un corps reçoit un *choc* sur un de ses points, le mouvement ne se communique aux autres parties du corps que progressivement, de sorte que, si le choc est violent, les parties directement touchées peuvent être entraînées avant que les autres aient reçu[3] un mouvement appréciable.

On sait, par exemple, qu'une balle traverse un carreau

de vitre sans le rompre, et qu'elle y fait seulement un trou comme le ferait un emporte-pièce[1] dans une feuille de métal. Cet effet ne dépend que de la vitesse de la balle, et non pas de sa forme: car, si on la jette avec la main, elle casse le carreau tout aussi bien que le casserait une pierre. Mais dès qu'elle s'avance avec la rapidité que lui donne la poudre, les points qu'elle touche sont enlevés si vivement, qu'ils n'ont pas le temps de transmettre sur les côtés le mouvement qu'ils reçoivent: tout se passe alors dans le cercle que frappe la balle, et le carreau tout entier, ne fût-il[2] soutenu que par un fil de soie, n'éprouverait pas le moindre ébranlement.

Tous les corps que porte une voiture en mouvement, tendent, lorsqu'on arrête la voiture, à conserver leur mouvement. Si donc ils ne sont pas retenus par un obstacle quelconque,[3] ils se trouvent naturellement lancés en avant; si même la voiture est arrêtée brusquement après une course rapide, les voyageurs pourront être jetés dehors. Quand la vitesse de la course est modérée, la simple pression des corps que la pesanteur fait appuyer sur la voiture, et la pression des pieds des voyageurs sur le fond des coffres, suffisent pour les maintenir en place. Si la vitesse est grande, il faut que les voyageurs appuient fortement leurs pieds contre les obstacles que peut présenter l'avant de la voiture, ou qu'ils s'y cramponnent énergiquement.

Un voyageur qui s'élancerait hors d'une voiture entraînée rapidement conserverait, en tombant, la vitesse qu'il partageait avec la voiture, et il serait projeté contre les corps placés sur le chemin avec une force souvent capable de le blesser ou de lui donner la mort.

Un cavalier entraîné par un cheval rapide sera projeté

par-dessus la tête de l'animal, quand celui-ci s'arrêtera[1] brusquement, à moins qu'il n'ait eu le soin[2] de s'appuyer vigoureusement sur ses étriers en penchant le haut du corps en arrière. Si le cheval tourne subitement, le cavalier dont le corps suivait, un instant auparavant, avec celui du cheval, une autre direction, tendra à persister dans cette direction et tombera de côté. Il faudra donc, en pareil cas, pencher le corps du côté opposé[3] en arrière.

On sait qu'un homme qui court et vient se heurter[4] contre un autre homme en repos reçoit un choc comme ce dernier. Le choc est deux fois plus violent si les hommes courent à la rencontre l'un de l'autre[5] avec des vitesses égales. La violence du choc dépend du poids des corps qui se heurtent, et plus encore de la vitesse qui les anime.

Le choc est d'ailleurs réciproque ; ainsi, un homme qui, en courant, se heurte la tête contre un arbre, reçoit le même choc que l'arbre.

Le corps qui vient ainsi se heurter contre un obstacle se brise presque toujours, parce que les points directement en contact avec l'obstacle s'arrêtent à l'instant même du choc, tandis que les autres points, continuant encore leur mouvement, se séparent des premiers.

Mais si l'obstacle peut céder facilement au choc, l'arrêt n'aura plus lieu d'une manière aussi brusque, et le corps ne se brisera pas.

Un bateau qui vient heurter[6] un autre bateau immobile sur l'eau ne se brise point comme il le ferait s'il venait à[7] rencontrer un obstacle fixe, par exemple, une pile de pont ou un rocher.

Celui qui voudrait arrêter un cheval emporté en le saisissant à la bride, sans courir à ses côtés,[8] casserait la bride ou serait renversé par le choc.

Pour arrêter, au moyen d'une corde, un bateau animé d'une grande vitesse,[1] il faut laisser filer[2] un peu pour vaincre l'effort par degrés; sans cette précaution, on risquerait de voir la corde se rompre.

Le marteau et le mouton sont des instruments à l'aide desquels on peut produire, par des chocs répétés, des effets utiles. Le *marteau* sert à ficher des clous; mais, pour enfoncer les pieux énormes appelés pilotis, il faut une machine qui produise[3] l'effet d'un très pesant marteau: on la nomme *mouton.*

VIII. BAROMÈTRES

L'air que nous respirons forme autour de la terre une couche épaisse d'environ cent kilomètres, et que l'on appelle l'*atmosphère.* Il exerce par son poids, sur la surface du sol et sur tous les corps qui sont en contact avec lui, une pression qui ne laisse pas d'être considérable, car elle équivaut à un peu plus de 10,000 kilogrammes par mètre carré de surface. Nos organes, ceux des animaux et des plantes, sont construits de manière à pouvoir supporter, sans se déformer, cette énorme pression; et, comme elle s'exerce dans tous les sens, elle ne nuit en rien aux mouvements qui s'exécutent dans l'air.

Une expérience des plus curieuses, et qui démontre clairement l'existence de cette pression, fut faite, vers le milieu du dix-septième siècle, en France par Pascal,[4] et en Italie par Torricelli,[5] élève de Galilée,[6] à la même époque et à peu près par les mêmes moyens. Si l'on remplit de mercure un tube de verre fermé à un bout et long d'environ un mètre, puis qu'on[7] le bouche avec le doigt et

qu'on le plonge renversé dans une cuvette contenant aussi du mercure, on voit le liquide descendre et se fixer à une hauteur de 76 centimètres au-dessus du niveau du mercure contenu dans la cuvette. Avec un tube de 11 mètres, plein d'eau, on aurait une colonne de 10^{m},40 de hauteur. Ce phénomène est dû à la pression que l'atmosphère exerce sur le liquide de la cuvette, et qui tient en équilibre dans le tube une colonne dont le poids produit une pression équivalente. Si le tube était ouvert aux deux bouts, la colonne devrait redescendre dans la cuvette, de telle sorte que[1] le niveau fût le même dans le tube et hors du tube, puisque la pression s'exercerait alors sur les deux surfaces. Si le tube plein d'eau avait moins de 10^{m},40, il resterait complètement rempli ; c'est ce qui arrive avec une carafe que l'on plonge dans un baquet plein d'eau et que l'on retourne, le goulot en bas. Mais si on la tire hors du baquet, alors l'air divise la colonne d'eau, monte dans la carafe et en chasse le liquide qui la remplissait, à moins que le goulot ne soit très étroit ou fermé par une feuille de papier ; dans ce cas, l'air ne peut plus diviser le liquide, qui reste soutenu dans le vase.

Le tube long d'un mètre, rempli de mercure, puis dressé verticalement, le bout ouvert plongé dans une cuvette pleine de mercure, est précisément l'instrument connu sous le nom de *baromètre,* et inventé par Torricelli en 1643.

Notre atmosphère est dans un état d'agitation continuelle, dû principalement aux différences de température des divers points de la surface du globe ; aussi dans un même lieu l'air est-il tantôt plus dense, tantôt plus léger ; il en résulte dans la pression atmosphérique des variations[2] que l'on constate par la hauteur plus ou moins grande de la colonne mercurielle dans le baromètre. Quand le

temps est beau et sec, le baromètre monte, et peut aller jusqu'à 79 centimètres ; lorsque, au contraire, le temps est pluvieux ou orageux, le baromètre baisse, souvent d'une manière assez considérable : une violente tourmente, une trombe, font quelquefois descendre subitement la colonne de plusieurs centimètres.

Toutefois le beau ou le mauvais temps ne dépendent pas uniquement du plus ou moins de densité de l'atmosphère ; il ne faudrait pas[1] toujours accorder une confiance absolue aux indications du baromètre. Il ne faut en réalité lui demander que la mesure de la pression de l'air.

La mesure de la hauteur barométrique se fait au moyen d'une échelle métrique tracée sur la tablette verticale qui soutient le tube. On inscrit les expressions *fixe, beau, variable, pluie ou vent, tempête,* vis-à-vis des points de l'échelle qui correspondent le plus habituellement à ces divers états de l'atmosphère.

IX. MACHINES A VAPEUR

La vapeur qui s'échappe de l'eau a, comme les gaz, une élasticité qui se développe très rapidement, à mesure que la température de l'eau devient plus élevée.

Depuis bien longtemps on cherchait[2] à utiliser cette force de la vapeur. Mais jusqu'au dix-septième siècle on se borna à lancer la vapeur, comme on eût fait[3] d'un gaz, sur les ailettes d'un moulin, ou à l'employer pour faire monter de l'eau dans un tube par la pression qu'elle exerçait sur la surface du liquide. C'est à un savant

médecin français nommé Denis Papin, né à Blois[1] en 1630, qu'il faut rapporter la découverte des principes sur lesquels repose l'emploi de la vapeur comme force motrice.

Nous ne pourrons pas suivre dans tous ses développements cette admirable invention ; nous nous bornerons à en faire comprendre le principe et à en indiquer sommairement les applications.

Que[2] l'on se représente un cylindre creux dans lequel peut glisser à frottement un piston qui le partage en deux chambres complètement fermées. Chacune de ces chambres peut communiquer, par des conduits qui débouchent près des deux fonds du cylindre, soit avec une chaudière fournissant de la vapeur dont la force élastique est supérieure à la pression atmosphérique, soit avec un espace froid appelé le *condenseur*. Quand la chambre supérieure communique avec la chaudière, sa communication avec le condenseur est interceptée, et pendant ce temps l'autre chambre communique avec le condenseur, mais non avec la chaudière.

On comprend que la vapeur venue de la chaudière pressera sur la face supérieure du piston, tandis que la vapeur qui est au-dessous ira se condenser dans la chambre froide, d'où résulte sous le piston un vide presque complet. Alors le piston descend jusqu'au bas du cylindre. Par le jeu d'un petit appareil très simple appelé *tiroir*, et que la machine elle-même met en mouvement, les communications sont immédiatement renversées ; la vapeur arrive maintenant sous le piston, tandis que celle qui était au-dessus va se liquéfier dans le condenseur ; alors le piston remonte, et ainsi de suite.

Le piston est muni d'une tige qui traverse dans un

anneau de cuir le fond supérieur du cylindre. Cette tige porte à sa partie supérieure une *bielle,* c'est-à-dire une barre de fer analogue à celle qui va, dans un rouet, de la planchette sur laquelle on pose le pied, à la manivelle de la roue. La bielle joue le même rôle et fait tourner, absolument de la même façon, une grande roue appelée *volant*, et l'arbre sur lequel elle est montée.

Qu'on se figure le cylindre établi horizontalement avec sa chaudière sur un chariot : la bielle agira par le moyen d'une manivelle sur l'un des essieux et le fera tourner. C'est là une *locomotive.*

Quelquefois la tige, au lieu d'agir immédiatement sur la bielle, agit d'abord sur l'une des branches d'un grand balancier, à l'autre branche duquel est adaptée la bielle. Ce balancier fait ordinairement marcher les tiges de diverses pompes destinées à alimenter d'eau froide le condenseur, ou bien à en retirer cette eau après qu'elle s'y est échauffée par la condensation de la vapeur, ou encore à fournir de l'eau chaude à la chaudière.

Les machines où la vapeur est amenée avec une forte pression n'ont pas ordinairement de condenseur : la vapeur se condense dans l'air du dehors, avec lequel on la fait communiquer. C'est d'après ce principe que sont construites les locomotives.

Dans les bateaux à vapeur, les bielles font tourner un arbre horizontal placé en travers du bateau, et sur les extrémités duquel sont montées deux roues à palettes analogues à celles des moulins à eau. Dans les moulins, c'est la pression de l'eau sur les palettes qui fait tourner la roue. Dans les bateaux à vapeur, c'est au contraire la roue qui en tournant presse sur l'eau et pousse le bateau en avant.

Les roues placées ainsi sur le côté du bâtiment sont exposées à une multitude d'avaries qui peuvent entraver ou même arrêter complètement la marche. En outre, si le vent maintient le corps du bateau penché, il n'y a plus qu'une des roues qui travaille, l'autre tourne à vide. Aussi remplace-t-on maintenant les roues par une espèce de vis sans fin, établie à l'arrière du vaisseau, sous le gouvernail, et entièrement plongée dans l'eau. Ces bâtiments, appelés bateaux *à hélice*, ont une marche plus rapide et plus régulière que les bateaux à roues.

X. CAUSES DES EXPLOSIONS DE CHAUDIÈRES

Il est aujourd'hui bien établi par les travaux des Sociétés d'assurance de chaudières à vapeur des États-Unis et d'Angleterre que tout le mystère des explosions réside dans un manque de solidité eu égard à la pression. Ce défaut de résistance peut avoir pour cause un vice originel de construction, mais le plus souvent il doit être[1] attribué à l'affaiblissement du métal amené par des dilatations inégales dues à une répartition inégale de la température dans les diverses parties. On peut quelquefois encore trouver cette cause dans la corrosion du métal, à la suite d'un long usage ou d'assemblages défectueux.

Des chaudières neuves, bien étudiées[2] et bien construites, seront capables de résister à une pression beaucoup plus forte que celle pour laquelle les soupapes auront été réglées. Une épreuve hydraulique bien conduite permettra le plus souvent de découvrir les défauts du métal, ou l'affaiblissement à la suite de corrosions. Mais les chaudières ordinaires sont sans protection contre les

différences de dilatation. C'est là un fait indéniable dont le public et les ingénieurs eux-mêmes ne tiennent pas suffisamment compte.

Dans un grand nombre de générateurs il arrive qu'à la mise en pression,[1] des parties sont excessivement chaudes alors que d'autres sont encore relativement froides. On conçoit que, dans de telles circonstances, certains points de la chaudière puissent[2] être soumis à des efforts énormes, qui tendent à les affaiblir. Ces efforts répétés chaque fois que l'on commence à chauffer, et peut-être même plus souvent, ont pour effet de diminuer graduellement la résistance des parois affectées au point de rendre une rupture inévitable. Fort heureusement, il ne se produit d'ordinaire[3] qu'une petite fissure, s'élargissant peu à peu; mais il peut arriver aussi que, d'un seul coup,[4] la rupture prenne[5] une importance assez grande pour déterminer une explosion désastreuse. Dans les chaudières examinées par les ingénieurs de la Compagnie d'assurance de chaudières de Hartford depuis ses débuts jusqu'en 1888, on a pu constater 24,944 fêlures de la tôle à l'endroit des lignes de rivures ou dans leur voisinage; 11,259 de ces fêlures, c'est-à-dire, près de la moitié, avaient au moment où on les a remarquées, des proportions suffisantes pour qu'on eût[6] à redouter de sérieux accidents.

La cause la plus commune des dilatations inégales, et par suite des efforts destructeurs qui en résultent, se trouve dans le manque de circulation de l'eau. Malgré cela, on ne s'attache guère, dans les générateurs ordinaires, à assurer une circulation convenable. Un autre danger que présentent ces derniers est celui qui peut résulter de l'abaissement du niveau de l'eau. Dans beau-

coup de ces générateurs, en effet, l'eau n'est maintenue à son niveau normal qu'au prix d'une surveillance de tous les instants ; or, il suffit[1] souvent d'un faible abaissement de ce niveau pour que le ciel du foyer,[2] ou quelqu'autre partie de la chaudière exposée à l'action directe du foyer, reçoive un coup de feu,[3] et se trouve suffisamment affaiblie de ce fait pour qu'une explosion soit à redouter.

La présence de dépôts durcis ou d'incrustations sur la surface de chauffe[4] est également une cause fréquente de dilatations inégales, et d'affaiblissement de la tôle par la formation d'ampoules plus ou moins développées.

Toutes les chaudières, sans doute, sont exposées à des accidents de cette nature, mais dans la plupart il n'existe aucun moyen de faire disparaître les dépôts au fur[5] et à mesure de leur formation. C'est notamment le cas des chaudières multi-tubulaires[6] et du type locomotive.

La plupart des mystérieuses explosions de chaudières, qui ont supporté l'épreuve officielle et qui cèdent ensuite sous de moindres pressions, ont été vraisemblablement dues à l'affaiblissement des tôles à la suite de dilatations inégales. Car il est inadmissible qu'un générateur qui, une semaine, a subi l'épreuve à sept atmosphères,[7] fasse explosion[8] la semaine suivante sous une pression de quatre atmosphères si la solidité du métal ne[9] s'est trouvée subitement et considérablement amoindrie. A notre connaissance, aucune cause naturelle, en dehors de la dilatation inégale, même la corrosion, ne saurait[10] avoir, en si peu de temps, un semblable effet. Si, au contraire, on considère que les efforts développés sous l'influence des inégalités de dilatation, atteignent leur maximum de puissance au moment de la mise en feu,[11] alors qu'il n'y a dans la chaudière aucune pression, on comprend qu'une fêlure puisse se pro-

duire, et que certaines parties se trouvent affaiblies au point de céder sous une pression même modérée. Ceci explique pourquoi tant de chaudières font explosion au moment où elles entrent en pression,[1] ou lorsqu'on y introduit de l'eau froide, ou bien encore,[2] comme cela est arrivé tout récemment en Angleterre, pendant le refroidissement de la chaudière.

XI. LES MOUVEMENTS DE LA TERRE

Tout le monde sait, et tout le monde peut constater que le soleil, la lune et les étoiles ne restent pas une seule heure fixes aux mêmes points du ciel, et que tous les astres[3] tournent en vingt-quatre heures autour du globe terrestre.

Longtemps on a cru qu'ils tournaient réellement, comme ils le paraissent.[4] On voit le soleil se lever, monter graduellement jusqu'à une certaine hauteur qu'il atteint à midi, puis descendre et se coucher. Des observations analogues peuvent se faire sur la lune, ainsi que sur toutes les étoiles.

Mais, lorsque les progrès des sciences ont été suffisants pour permettre aux hommes de se rendre compte de la grandeur de l'univers, on n'a pas tardé à comprendre qu'il serait extrêmement difficile d'admettre un pareil mouvement.

Lorsque le soleil, la lune et les étoiles étaient considérés comme très proches de nous, le chemin qu'ils auraient dû parcourir[5] pour accomplir leur révolution en vingt-quatre heures n'eût[6] pas été énorme, et la vitesse n'eût pas été fantastique. Mais lorsque les distances ont pu être appré-

ciées, même à une approximation très grossière, de pareilles vitesses se sont montrées[1] inacceptables, et même impossibles en mécanique.

Ainsi, par exemple, il est prouvé par six méthodes différentes et indépendantes l'une de l'autre, s'accordant parfaitement dans leurs résultats, que le soleil est éloigné de nous à 11,700 fois le diamètre de la terre. Or nous savons d'autre part que ce diamètre est de 12,732 kilomètres. Donc la distance d'ici au soleil est de 149 millions de kilomètres. Eh bien, s'il devait tourner[2] en vingt-quatre heures autour de nous à cette distance, il devrait[3] courir, voler, avec une vitesse de 9,000 kilomètres par seconde, ou 38,720,000 kilomètres par heure !

Et pourquoi ? Pour tourner autour d'un point minuscule relativement à lui, car le soleil est 108 fois plus large que la terre en diamètre, 1,283,000 fois plus immense en volume et 324,000 fois plus lourd !

Il est évidemment impossible d'admettre une pareille conclusion. Ce serait un miracle perpétuel, en contradiction avec toutes les lois de la nature.

Ce que nous venons de dire[4] du soleil peut s'appliquer à chacune des étoiles. Et il y en a des millions, des dizaines, des centaines de millions ! Il y en a à l'infini,[5] et chacune est plus grosse et plus lourde que la terre, chacune est un soleil.

Et leur transport en vingt-quatre heures autour de notre petite boule serait encore incomparablement plus inconcevable que celui du soleil, parce qu'elles ne sont pas à une égale distance de nous, ni attachées à une sphère solide, comme on le croyait autrefois. Elles sont éloignées à toutes les distances, et jusqu'au delà des dernières bornes mêmes que l'imagination puisse[6] concevoir.

La plus proche est 275,000 fois plus éloignée que le soleil. Pour tourner autour de nous, elle devrait donc courir 275,000 fois plus vite que le soleil encore, c'est-à-dire en raison de 2 milliards 475 millions de kilomètres *par seconde!*

Et c'est l'étoile la plus proche de nous, celle qui devrait aller le moins vite!

Toutes les autres devraient se précipiter dans l'espace avec une vitesse beaucoup plus grande encore, dix, cent, mille fois plus rapide... et il y en a jusqu'à l'infini. L'idée même d'une pareille translation dans l'immensité devient inconcevable.

Et elles sont toutes incomparablement plus grosses et plus lourdes que la terre. Celle dont nous venons de parler, la plus proche (c'est l'étoile alpha de la constellation du Centaure),[1] pèse même plus que le soleil.

Poser la question, c'est la résoudre.

En effet, les apparences sont les mêmes pour nous, que ce soit[2] le ciel qui tourne ou la terre. Chacun a pu faire l'observation sur un bateau ou dans un wagon de chemin de fer. En bateau, nous devinons tout de suite que ce n'est pas le rivage qui se déplace. Mais en chemin de fer, il est souvent impossible de savoir si c'est nous qui marchons ou un train voisin.

Or nous avons vu plus haut[3] que la terre est sphérique et entièrement isolée dans le vide de l'espace. Si elle tourne sur elle-même, en nous emportant avec elle, nous n'en pouvons rien savoir. Il n'y a aucun frottement, aucun bruit. Si c'est le ciel qui tourne, la nature ne nous l'apprend pas non plus. Donc nous sommes en face de deux hypothèses :

Ou bien[4] obliger tout l'univers à tourner autour de nous chaque jour, ou bien supposer notre globe animé

d'un mouvement de rotation sur lui-même et éviter à l'univers cet incompréhensible travail.

Nous le répétons, poser la question, c'est la résoudre, il est impossible à tout homme de bon sens de n'être pas convaincu que c'est la terre qui tourne.

Il y a plus de deux mille ans qu'on s'en doute,[1] car les Pythagoriciens[2] l'enseignaient, Cicéron[3] et Plutarque[4] parlent des philosophes qui, à l'exemple de Nicétas,[5] de Syracuse, penchaient pour cette opinion, et Ptolémée[6] la discute longuement pour lui préférer à tort le système des apparences auquel son nom a été donné. Il est vrai que dans l'antiquité les témoignages n'étaient pas aussi évidents qu'aujourd'hui. C'est seulement au XVIe siècle, que Copernic,[7] astronome polonais, réunit en un même faisceau les considérations mathématiques qui conduisaient à simplifier le système de Ptolémée, devenant intolérable par toutes les complications qu'il avait fallu lui ajouter pour faire concorder les mouvements célestes observés avec l'hypothèse de la terre centrale et immobile. Il avait fallu surajouter jusqu'à 75 cercles mobiles les uns sur les autres, et encore restait-il beaucoup de mouvements célestes inexpliqués, notamment ceux des comètes.

Cela se conçoit.[8] En fait, la terre tourne sur elle-même en 24 heures, et autour du soleil en un an. Il en résulte des déplacements apparents de perspective dans les positions des autres planètes (de même qu'en voyageant en chemin de fer on voit se déplacer les arbres et les divers objets du paysage). Ces déplacements sont inexplicables dans l'ancien système.

Le mouvement de translation annuelle de la terre autour du soleil s'effectue à la distance de 149 millions de

kilomètres de cet astre. Les étoiles sont très éloignées. Cependant ce déplacement annuel de la terre produit une petite variation apparente dans la position des plus proches, correspondant exactement à la marche de notre planète, et c'est même ainsi que l'on a pu déterminer leurs distances. Ces variations de positions des étoiles ont été une deuxième confirmation du double mouvement de la terre.

Il y a eu bien d'autres confirmations de ces mouvements de la terre. Ainsi :[1] 3° notre globe est aplati à ses pôles et renflé à l'équateur, juste comme il doit arriver[2] par sa rotation diurne. — 4° Si l'on fait tomber une pierre le long d'un grand puits, elle ne descend pas juste verticalement, mais un peu vers l'est. — 5° Les objets pèsent un peu moins à l'équateur qu'aux pôles, à cause de la force centrifuge, qui diminue la pesanteur. — 6° Pour la même raison, la longueur d'un pendule à secondes est plus courte à l'équateur qu'à Paris. — 7° Un pendule mis en oscillations en un lieu quelconque du globe garde toujours le même plan, et la terre en tournant produit un déplacement apparent, qui met en évidence son mouvement diurne. — 8° La lumière qui nous arrive des étoiles confirme, par une légère déviation, le mouvement annuel de notre planète autour du soleil, etc., etc. Les preuves directes du double mouvement de la terre, diurne et annuel, sont aujourd'hui très nombreuses, et elles n'étaient pas nécessaires après les raisonnements que nous avons faits tout à l'heure.

De plus, les bases de l'astronomie sont si absolument sûres, les lois de la mécanique céleste sont si exactement connues, que nous pouvons prédire d'avance tout ce qui doit arriver dans le ciel conformément à ces lois. Toutes les découvertes astronomiques sont venues depuis trois

siècles et demi confirmer et prouver de toutes les façons, et sans que l'ombre d'un doute puisse subsister, la théorie des mouvements de notre planète, à ce point même que l'on a pu annoncer d'avance par le calcul l'existence d'astres que l'on n'avait jamais vus, tant les lois astronomiques sont aujourd'hui exactement connues et surabondamment établies.

Les deux mouvements de la terre que nous venons d'exposer sont les deux principaux : la rotation diurne et la révolution annuelle. Notre planète est mue par beaucoup d'autres, moins importants, dont la description sortirait du cadre[1] de ces éléments. On connaît déjà à la terre plus de dix mouvements distincts. Notre globe, comme les autres, est un jouet léger pour les forces cosmiques éternelles.

XII. LE SOLEIL

Cette colossale fournaise brûle d'un feu qui nous paraît éternel, parce que notre vie est courte, et que[2] la durée du soleil se compte par millions d'années. Mais elle s'est allumée,[3] cette fournaise, et elle s'éteindra. A quoi est-elle due ? Comment s'entretient-elle ? Si le soleil était composé de charbon de terre massif brûlant dans l'oxygène pur, il ne pourrait brûler[4] pendant plus de six mille ans sans être entièrement consumé : il serait donc[5] éteint depuis l'origine des temps historiques. Trois causes principales paraissent en jeu pour entretenir cette chaleur : la contraction du globe solaire, la chute des météores à sa surface, et la production de calorique causée par des combinaisons chimiques. La pre-

mière cause doit être[1] la plus importante. On connaît l'équivalent mécanique de la chaleur. Tout corps qui tombe et qui est arrêté dans sa chute produit une certaine quantité de chaleur, et la quantité de chaleur produite est la même, que le corps soit[2] arrêté brusquement, ou successivement ralenti par des résistances. Si, comme il est probable, le globe solaire est le résultat de la condensation d'une immense nébuleuse qui s'étendait primitivement au delà de l'orbite de Neptune,[3] la chute des molécules à la concentration actuelle a fourni environ 18,000,000 de fois autant de chaleur que le soleil en donne par an. Il en résulterait que le soleil aurait environ 18 millions d'années de rayonnement actuel; mais pendant toute la durée de sa condensation, il était incomparablement plus vaste et rayonnait autrement. D'autre part, étant donné[4] que ce soit la seule source de la chaleur solaire, cet astre continuant de se condenser, serait réduit à la moitié de son diamètre actuel dans cinq millions d'années au plus tard, et comme, à cette dimension, il aurait huit fois sa densité actuelle, il deviendrait liquide, et sa température commencerait à décroître, de telle sorte que dans dix millions d'années environ sa chaleur ne serait plus suffisante pour entretenir un état de vie analogue à celui qui existe actuellement. La vie totale du soleil comme astre lumineux ne surpasserait pas, dans cette hypothèse, trente millions d'années.

A cette chaleur due à la condensation s'ajoutent les effets produits par la chute perpétuelle d'un grand nombre de matériaux cosmiques à la surface de l'astre du jour.

La chaleur émise par le soleil *à chaque seconde* est

égale à celle qui résulterait de la combustion de onze quatrillions six cent mille milliards de tonnes de charbon de terre brûlant ensemble!

Cette chaleur rayonne tout autour de l'astre éblouissant, dans toutes les directons. La terre, globe minuscule errant à 149 millions de kilomètres de distance, ne reçoit qu'une fraction extrêmement faible de cette quantité. Si l'on imagine autour du soleil, à la distance de la terre, une sphère creuse au centre de laquelle brillerait l'astre radieux, la surface de cette sphère est deux milliards de fois plus vaste que la section interceptée par notre globe. Notre planète n'arrête donc au passage, et n'utilise pour ses habitants, que la demi-milliardième partie du rayonnement total du soleil!

Pour concevoir l'état de la surface solaire, nous pourrions la comparer à celle d'un bol de punch en flammes, mais à la condition de concevoir en même temps que cette surface est plus brûlante que la fonte en fusion et plus éblouissante que la lumière électrique, et que ces flammes mesurent cent, deux cent et trois cent mille kilomètres de hauteur!

Cette surface n'est pas unie, homogène; elle n'est pas partout du même éclat. Imaginons l'océan Atlantique en feu, et concevons que cet océan recouvre un globe 1,280,000 fois plus volumineux que la terre. Cette surface liquide, mobile, agitée par les vagues d'un éternel mouvement, est une surface de feu liquide. Ses vagues, ou pour mieux dire,[1] les crêtes de ces vagues, sont éblouissantes de blancheur, et le fond est un peu moins éclatant. Vue au télescope, la surface du soleil se compose de grains lumineux juxtaposés ressortant sur un fond moins clair. C'est comme un réseau. Les grains

de cette granulation sont des vagues de feu blanc mesurant deux et trois cents kilomètres de longueur, parfois mille, deux mille kilomètres et davantage.

Il se forme assez souvent dans ce réseau des taches, ouvertures sombres plus ou moins vastes, mesurant depuis quelques milliers de kilomètres de diamètre jusqu'à cent mille et même parfois davantage.

En général, les taches du soleil sont visibles dans les petites lunettes, et tout le monde peut les voir. Le point le plus important est de munir l'oculaire d'un verre noir ou bleu foncé. On peut aussi les voir en recevant l'image de l'astre sur une feuille de papier tenue à quelque distance de l'oculaire.

Lorsqu'il y a de belles taches sur le soleil, il suffit de l'observer pendant quelques jours pour constater que ces taches changent de place. Elles sont emportées par la rotation de l'astre, qui fait un tour sur lui-même en 26 jours environ. Cette rotation de la surface visible n'est pas la même pour tout le globe solaire : elle est plus rapide à l'équateur et diminue avec la latitude, ce qui prouve aussi que cette surface du globe solaire n'est pas solide. La rotation est de 25 jours 4 heures à l'équateur, de 25 jours 12 heures au 15e degré de latitude, de 26 jours au 25e degré, de 27 jours au 38e, de 28 au 48e.

On n'a pu suivre de taches plus loin, car elles se forment en général le long de deux bandes plus ou moins larges, de part et d'autre[1] de l'équateur, mais la théorie indique que la diminution de la rotation se continue jusqu'aux pôles, et les procédés de l'analyse spectrale[2] l'ont récemment constaté.

Par suite de cette rotation, on voit les taches arriver par le bord oriental du soleil, s'avancer graduellement

jusqu'au méridien central, qu'elles atteignent au bout de sept jours, et continuer leur cours pour aller disparaître au bord occidental après sept autres jours. Quatorze jours après cette disparition, on voit la tache revenir au bord oriental, à moins qu'elle ne se soit détruite[1] dans l'intervalle, ce qui arrive le plus souvent. En général, les taches solaires ne durent que quelques semaines. On en a vu[2] pourtant durer pendant quatre et cinq rotations solaires.

La rotation apparente du soleil est de 27 jours et demi, parce que pendant la durée de la rotation réelle, la terre a tourné autour de lui d'un quatorzième d'année environ, dans le même sens que la rotation solaire, de telle sorte qu'un observateur placé sur la terre voit une tache pendant plus longtemps que si notre planète était en repos. C'est une différence analogue à celle que nous remarquons entre la durée du jour et celle de la rotation de la terre. Nous ferons une remarque du même genre à propos de la révolution de la lune et de la durée du mois lunaire.

Nous parlions tout à l'heure des flammes du soleil, et nous comparions la surface de l'astre radieux à un océan de punch brûlant. En effet, au-dessus de l'océan mobile dont nous venons de parler et qui a reçu le nom de *photosphère* ou sphère de lumière (c'est le soleil tel qu'on le voit à l'œil nu), au-dessus de cette surface éblouissante s'étend une mince nappe de gaz rose, nappe de feu de dix à quinze mille kilomètres d'épaisseur seulement. Cette atmosphère de gaz rose brûlant a reçu le nom de *chromosphère* ou sphère colorée. Cette chromosphère est composée de gaz élevé à un degré de température inimaginable. L'hydrogène y brûle constamment, au milieu de vapeurs

de fer, de magnésium, de sodium et d'un grand nombre d'autres métaux. L'activité comburante y est si effroyable que les éléments y sont, non pas associés, mais dissociés. L'hydrogène et l'oxygène, par exemple, ne peuvent pas s'y combiner comme en notre monde pour former de l'eau, même à l'état de vapeur, leurs molécules se repoussent, et il en est de même de tous les éléments, l'ardeur de la fournaise séparant, isolant pour ainsi dire, les atomes les uns des autres.[1]

C'est de cette nappe de feu rose transparent que s'élèvent les flammes du soleil, éruptions et explosions formidables devant lesquelles nos volcans sont d'humbles et froides taupinières. Un creuset de fonte en fusion versé sur le soleil serait une douche de neige et de glace. On a vu des éruptions solaires s'élancer en quelques minutes à cent mille kilomètres de hauteur et retomber ensuite en pluie de feu sur l'océan incandescent dont le feu ne s'éteint jamais.

Les taches solaires s'observent directement à l'aide des lunettes astronomiques. Les flammes, appelées aussi protubérances, sont si transparentes, quoique légèrement rosées, que la splendeur du soleil les éclipse perpétuellement. Pour les découvrir on se sert du spectroscope, instrument formé d'un prisme et d'une petite lunette. On dirige cette lunette prismatique juste au bord du soleil, sans toucher ce bord lui-même, qui effacerait tout par son éclat, et on aperçoit ces flammes légères qui partent dans tous les sens, affectent les formes les plus bizarres, et flottent même parfois dans l'atmosphère solaire comme de légers nuages de lumière.

Ces manifestations de l'activité solaire sont variables et soumises à une curieuse loi de périodicité. En cer-

taines années, l'astre se montre couvert de taches énormes, agité de violentes tempêtes, hérissé de flammes gigantesques. En d'autres années, au contraire, on le voit calme, tranquille, comme s'il se reposait et reprenait de nouvelles forces pour les agitations futures. Le plus curieux encore est que ces variations sont soumises à une certaine régularité, à un certain ordre. Un maximum de taches et d'éruptions arrive tous les onze ans environ, un minimum un peu après le milieu de l'intervalle. Cette périodicité est bien remarquable. Ce qui ne l'est pas moins, c'est que le magnétisme terrestre, les mouvements de l'aiguille aimantée et les aurores boréales, manifestent une périodicité analogue, correspondant exactement à celle des fluctuations de l'activité solaire.

Le soleil régit les destinées de la terre. Notre vie, celle de tous les animaux, celle de toutes les plantes, est suspendue à ses rayons. Le jour où il s'éteindra, notre planète refroidie sera devenue[1] un morne cimetière, roulant ses restes glacés dans les profondeurs d'une éternelle nuit.

XIII. LA LUNE

C'est l'astre des nuits par excellence, l'astre de la solitude, du silence, de la rêverie et du mystère. Pâle flambeau dont la lumière est empruntée à celle du soleil, il semble remplacer humblement le dieu du jour, et nous dire que si le soleil a disparu au-dessous de notre horizon, il brille toujours dans l'espace, masqué seulement par la terre. Ses phases ont, dès l'origine, montré aux hommes que la lune a la forme d'un globe et que la nocturne clarté

qu'elle verse sur le sommeil de la nature vient du soleil.

En effet, la lune tourne autour de la terre en une révolution mensuelle, de même que la terre tourne autour du soleil en une révolution annuelle. Son mouvement s'effectue dans un plan qui n'est pas très éloigné de celui dans lequel notre planète tourne autour du foyer lumineux. Quelquefois elle passe juste devant le soleil et produit une éclipse le long de la ligne suivie par son ombre à la surface de notre globe. Quelquefois, au contraire, elle passe derrière nous, relativement au soleil, c'est-à-dire dans l'ombre que la terre forme à l'opposé de[1] l'astre du jour, et elle s'éclipse elle-même, totalement ou partiellement. Ses phases correspondent exactement à son mouvement, à l'angle qu'elle forme avec le soleil et la terre. Lorsqu'elle passe entre lui et nous, nous ne la voyons pas, puisque c'est son hémisphère non éclairé qui est tourné vers nous. Lorsqu'elle forme un angle droit avec le soleil, nous voyons la moitié de son hémisphère éclairé: c'est le premier ou le dernier quartier. Lorsqu'elle est à l'opposé du soleil, nous voyons tout son hémisphère éclairé, et la pleine lune brille à minuit dans notre ciel. Chacun peut facilement s'expliquer ces phases.

Le lendemain de la nouvelle lune, elle commence le soir à se dégager des rayons solaires et paraît d'abord sous la forme d'un croissant extrêmement mince, aux pointes très effilées. Chaque jour, on la voit, à la même heure, un peu plus à gauche ou vers l'est; sa révolution mensuelle s'opérant de l'ouest vers l'est, avec un croissant de plus en plus large. Lorsque l'atmosphère est bien pure on distingue parfaitement l'intérieur du

disque lunaire, non éclairé par le soleil, marqué d'une clarté grise que l'on nomme la *lumière cendrée.* C'est le reflet de la lumière de la terre éclairée par le soleil.

La lune tourne autour de la terre, suivant une circonférence légèrement elliptique, tracée à la distance de 384,000 kilomètres, et qui mesure environ 2,400,000 kilomètres de longueur. Cette orbite est parcourue en 27 jours 7 heures 43 minutes 11 secondes. La vitesse de la lune sur son orbite est donc de plus d'un kilomètre par seconde.

La durée que nous venons d'inscrire est celle de la *révolution sidérale* de la lune autour de la terre, c'est-à-dire du temps qu'elle emploie pour revenir au même point du ciel. Si la terre était immobile, cette durée serait aussi celle de ses phases. Mais notre planète se déplace dans l'espace, et par un effet de perspective, le soleil paraît se déplacer en sens contraire. Lorsque la lune revient au même point du ciel au bout de sa révolution, le soleil s'est déplacé d'une certaine quantité dans le même sens, et pour que la lune revienne entre lui et la terre, il faut qu'elle marche encore pendant plus de deux jours. Il en résulte que la lunaison, ou l'intervalle entre deux nouvelles lunes, est de 29 jours 12 heures 44 minutes 3 secondes. C'est ce qu'on appelle le *mois lunaire.*

En tournant autour de la terre, la lune *nous présente toujours la même face.*

Le premier regard humain qui s'éleva vers les cieux à l'heure silencieuse où l'astre solitaire des nuits verse sa froide lumière, ne put contempler ce globe suspendu dans l'espace sans remarquer les teintes singulières qui le parsèment d'un dessin énigmatique. C'est par l'obser-

vation de la lune que l'astronomie a commencé; il y a bien des milliers d'années que[1] les hommes ont remarqué cette bizarre figure[2] de Phœbé[3] regardant la terre, et ont constaté qu'elle reste constante, n'est pas produite par des brouillards dans cet astre, mais est causée par l'état du sol lunaire, invariable lui-même. La première carte de la lune fut certainement une représentation grossière de la figure humaine, attendu que la position des taches correspond suffisamment à celle des yeux, du nez et de la bouche pour justifier cette ressemblance. Aussi voyons-nous partout et dans tous les siècles cette face humaine reproduite. Cette ressemblance n'est due qu'au hasard de la configuration géographique de notre satellite; elle est d'ailleurs fort vague et disparaît aussitôt qu'on analyse la lune au télescope.

On ne s'imagine pas, en général, que la terre, vue de loin, puisse[4] briller avec autant d'éclat que la pleine lune. Cependant rien n'est si vrai. Le sol lunaire n'est pas plus blanc que le sol terrestre. Comparez, de jour, la lune à un mur gris éclairé par le soleil, et vous trouverez le mur plus brillant. Ce qui produit l'éclat de notre satellite pendant la nuit, c'est d'une part, la nuit elle-même, et d'autre part, la condensation de tout l'hémisphère lunaire en un petit disque. En agrandissant ce disque par le télescope, cet éclat diminue. Lorsque l'on compare la lumière de la lune à celle des nuages, on la trouve toujours moins brillante. D'un autre côté,[5] en plaçant des pierres dans une chambre obscure et en faisant arriver sur elles un rayon solaire, ou bien en regardant à travers un tube noirci la campagne éclairée par le soleil, on constate que tout cela brille avec autant d'intensité que la lune. Les principes de l'optique prou-

vent que dans ces comparaisons on ne doit pas tenir compte des différences de distance.

La lune n'est pas blanche, mais d'un gris jaune. Elle paraît blanche pendant le jour, à cause du contraste de la couleur bleue du ciel. Il résulte d'expériences spéciales que la véritable couleur de sa lumière est celle du cuivre jaune ou *laiton*. La lune est non seulement moins claire que la neige, mais elle est encore inférieure au sable, et à peu près égale à la nuance des roches grises. Telle est la valeur réfléchissante de l'ensemble de la surface lunaire. Mais cette surface est très diversifiée. Elle présente des régions encore plus sombres, des vallées très brunes et des cratères lumineux qui offrent la blancheur de la neige.

De ce que[1] la lune présente toujours la même face à la terre en circulant autour d'elle, on en conclut qu'elle tourne une fois sur elle-même pendant sa révolution mensuelle. Pour la terre elle ne tourne pas ; pour l'espace absolu, elle tourne.

Étudier cet astre vigilant des nuits, c'est à peine quitter notre monde. Aucun globe céleste n'est aussi voisin de nous ; aucun ne nous appartient aussi intimement. Elle est de la famille.[2] Elle seule accompagne la terre dans son cours ; elle seule est liée indissolublement à notre propre destinée. Qu'est-ce, en effet, que[3] cette faible distance de 96,000 lieues[4] qui la sépare de nous ? C'est un pas dans l'univers.

Une dépêche télégraphique y arriverait en une seconde et demie ; le projectile de la poudre volerait pendant 9 jours seulement pour l'atteindre ; un train express y conduirait en 8 mois et 26 jours. Ce n'est que la 385e partie de la distance qui nous sépare du soleil, et seule-

ment la cent-millionième partie de la distance des étoiles les plus rapprochées de nous! Bien des hommes ont fait à pied sur la terre, tout le chemin qui nous sépare de la lune!... Un pont de trente globes terrestres suffirait pour relier entre eux[1] les deux mondes.

Cette grande proximité fait que, de toutes les sphères célestes, la lune est la mieux connue. On a dessiné sa carte géographique (ou pour mieux dire sélénographique[2]) depuis plus de deux siècles, d'abord comme une esquisse vague, ensuite avec plus de détails, aujourd'hui avec une précision comparable à celle de nos cartes géographiques terrestres.

Rien n'est plus curieux que les montagnes de la lune vues au télescope. Vers l'époque du premier quartier surtout, le soleil qui les éclaire obliquement, fait ressortir leur relief, et projette derrière elles de fantastiques ombres noires. Avant le premier quartier, les dentelures du croissant lunaire ressemblent à de l'argent fluide suspendu dans le ciel du soir. Anneaux, grands et petits, minces ou puissants, énormes ou microscopiques, semblent jetés à profusion sur tout le sol lunaire, tous circulaires, mais paraissant elliptiques quand ils se trouvent vers le tour du globe, que nous voyons en raccourci. Cette forme annulaire est même si étonnante, que les premiers astronomes qui l'ont observée, au XVIIe siècle, après l'invention des lunettes, ne pouvaient en croire leurs yeux, et, refusant de l'attribuer à la nature, supposèrent que c'était là[3] autant de constructions artificielles commandées par le climat et dues aux habitants de la lune. Képler[4] lui-même croyait à cette origine artificielle. On ne réfléchissait pas alors aux énormes dimensions de ces constructions.

Oui, toutes les montagnes de la lune sont creuses. Supposons un voyageur traversant les campagnes lunaires et approchant de l'une d'elles. Il rencontre une série de talus, de remparts, s'élevant les uns sur les autres, il grimpe sur ces contreforts, atteint à grand'peine leurs sommets élevés, d'où il jouit d'une vue sans égale ;[1] mais il veut traverser le sommet de la montagne pour redescendre du côté opposé à celui de son arrivée, il ne le peut pas ;[2] la montagne est sans sommet ! Au lieu d'être dominée par un plateau, elle est creuse, et son cratère descend *plus bas* que la plaine avoisinante. Il faut donc, ou bien descendre au fond du cratère, le traverser (et il a souvent plus de 100 kilomètres de diamètre), remonter le gigantesque ravin à l'opposé, puis le redescendre ; ou bien faire le tour par le rempart abrupt et hérissé de pics démantelés. Quoique les muscles se fatiguent six fois moins sur la lune que sur la terre, de telles excursions doivent être incomparablement plus difficiles que celles des héros les plus téméraires de nos clubs alpins terrestres.

Les hauteurs de toutes les montagnes de la lune sont mesurées à quelques mètres près.[3] (On ne pourrait pas en dire autant de celles de la terre.) Les plus élevées dépassent 7,000 mètres. Proportions gardées,[4] le satellite est beaucoup plus montagneux que la planète, et les géants plutoniens sont en bien plus grand nombre là qu'ici. S'il y a chez nous des pics, comme le Gaorisankar,[5] le plus élevé de la chaîne de l'Himalaya[6] et de toute la terre, dont la hauteur de 8,840 mètres est égale à la 1,440^{e} partie du diamètre de notre globe, on trouve dans la lune des pics de 7,700 mètres, comme ceux de Dœrfel[7] et de Leibniz, dont

la hauteur équivaut à la 470e partie du diamètre lunaire.

Quels spectacles se révèlent à nos regards étonnés, lorsque nous nous transportons par la pensée à la surface de la lune? C'est le monde le plus voisin de nous et c'est le plus dissemblable que puisse[1] offrir tout le système planétaire. Essayons de nous représenter les scènes et les paysages qui nous entoureraient si nous habitions la lune, non des scènes imaginaires comme celles que l'on a souvent inventées en des voyages fantastiques, mais des tableaux réels que le télescope nous montre d'ici, et que nous savons exister sur ce globe étrange. Ces tableaux, l'œil de l'homme les a déjà vus, et l'esprit humain s'est déjà promené au milieu de ces campagnes, car lorsque dans le silence des nuits et dans l'oubli de toute agitation terrestre, nous dirigeons nos télescopes vers cet astre solitaire, notre pensée traverse facilement la faible distance qui nous en sépare et se suppose,[2] sans un grand effort d'imagination, habiter un instant au milieu des panoramas lunaires qui se développent dans le champ télescopique.

Aucune contrée de la terre ne peut nous donner une idée de l'état du sol lunaire: jamais terrains ne furent plus tourmentés; jamais globe ne fut plus profondément déchiré jusque dans ses entrailles. Les montagnes présentent des amoncellements de rochers énormes tombés les uns sur les autres, et autour de cratères effrayants qui s'enchevêtrent les uns dans les autres, on ne voit que des remparts démantelés, ou des colonnes de rochers pointus ressemblant de loin à des flèches de cathédrales sortant du chaos.

Il n'y a pas d'atmosphère, ou du moins, si peu, et

seulement au fond des vallées, que c'est insensible. Jamais de[1] nuages, de brouillards, de pluies ni de neiges. Le ciel est un espace toujours noir, constamment constellé d'étoiles, de jour comme de nuit.

Supposons que nous arrivions[2] au milieu de ces steppes sauvages vers le commencement du jour; le jour lunaire est quinze fois plus long que le nôtre, puisque le soleil met un mois à éclairer le tour entier de la lune. On ne compte pas moins de 354 heures depuis le lever jusqu'au coucher du soleil. Si nous arrivons avant le lever du soleil, l'aurore n'est plus là pour l'annoncer, car sans atmosphère il n'y a aucune espèce de crépuscule. Tout d'un coup, de l'horizon noir, s'élancent les flèches rapides de la lumière solaire, qui viennent frapper les sommets des montagnes, pendant que les plaines et les vallées restent dans la nuit. La lumière s'accroît lentement, car tandis que sur la terre, dans les latitudes centrales, le soleil n'emploie que deux minutes un quart pour se lever, sur la lune, il emploie près d'une heure, et, par conséquent, la lumière qu'il envoie est très faible pendant plusieurs minutes et ne s'accroît qu'avec une extrême lenteur. C'est une espèce d'aurore, mais qui est de courte durée, car lorsque, au bout d'une demi-heure, le disque solaire est déjà levé de moitié, la lumière paraît presque aussi intense à l'œil que lorsqu'il est tout entier au-dessus de l'horizon; l'astre radieux s'y montre avec ses protubérances et son ardente atmosphère. Il s'élève lentement comme un dieu lumineux au fond du ciel toujours noir, ciel profond et sans forme,[3] dans lequel les étoiles continuent de briller pendant le jour comme pendant la nuit, car elles ne sont pas cachées par un voile atmosphérique comme celui qui nous[4] les dérobe dans la lumière du jour.

L'absence d'atmosphère sensible doit produire là pour la température un effet analogue à celui que l'on remarque sur les hautes montagnes de notre globe, où la raréfaction de l'air ne permet pas à la chaleur solaire de se concentrer à la surface du sol, comme au fond de l'atmosphère, qui agit à la façon d'une serre: la chaleur reçu du soleil n'est conservée par rien et rayonne sans cesse vers l'espace. Il est probable que le froid y est constamment très rigoureux, non seulement pendant ces nuits quinze fois plus longues que les nôtres, mais même pendant les longues journées ensoleillées.

On admire de la lune un astre majestueux, que l'on ne voit pas de la terre, et qui offre cette particularité d'être immobile dans le ciel, tandis que tous les autres passent derrière lui, et d'être d'une grandeur apparente considérable. Cet astre, c'est notre propre terre, qui offre à la lune des phases correspondantes à celles que notre satellite nous présente, mais en sens inverse.[1] Au moment de la nouvelle lune, le soleil éclaire en plein l'hémisphère terrestre tourné vers notre satellite, et l'on a la *pleine terre;* à l'époque de la pleine lune, au contraire, c'est l'hémisphère non éclairé de la terre qui est tourné vers notre satellite, et l'on a la *nouvelle terre;* lorsque la lune nous offre un premier quartier, la terre donne son dernier quartier et ainsi de suite.

Quel curieux spectacle offre notre globe pendant cette longue nuit de quatorze fois vingt-quatre heures! Indépendamment de ses phases qui le conduisent du premier quartier à la pleine terre pour le milieu de la nuit, et de la pleine terre au dernier quartier pour le lever du soleil, quel intérêt n'éprouverions-nous pas a le voir ainsi stationnaire dans le ciel et tournant sur lui-même en vingt-quatre heures? En ce moment, par exemple, nous

reconnaîtrions sur son disque, au milieu de l'immense Océan verdâtre qui s'étend de part et d'autre, les deux V superposés qui forment l'Amérique; puis nous verrions ce dessin géographique se déplacer lentement vers l'est; l'océan Pacifique arriver ensuite; l'Asie et l'Australie apparaîtraient, bientôt suivies par le long continent de l'Asie et l'océan Indien. La terre, continuant de tourner, nous présenterait ensuite l'Europe et l'Afrique, et peut-être notre vue exercée pourrait-elle distinguer vers l'ouest de l'Europe les contrées qui nous sont les plus chères. Notre planète est ainsi l'horloge céleste perpétuelle de la lune. C'est un monde éclatant, vu de cette distance.

Tels sont les panoramas lunaires qu'un artiste pourrait contempler; tels sont les spectacles célestes dont un astronome pourrait jouir, au milieu des steppes silencieuses ou du haut des Alpes géantes de notre étrange satellite.

XIV. LA BOUSSOLE

Aimant. — On donne le nom d'*aimant naturel* à un minéral composé de deux oxydes de fer combinés, que certains terrains recèlent en abondance, et qui a la propriété d'attirer à soi le fer et quelques autres métaux, tels que le nickel et le cobalt.

D'après une tradition extrêmement ancienne, un berger, nommé *Magnès,* étant à la recherche d'une de ses brebis égarée sur le mont Ida,[1] sentit que sa chaussure ferrée et le bout ferré de son bâton adhéraient fortement à un bloc noirâtre sur lequel il s'était reposé[2] un moment: ce bloc était une pierre d'aimant. L'ancienneté de cette

légende prouve que la *pierre d'aimant* a dû être connue[1] dans les temps les plus reculés chez différents peuples.

La pierre d'aimant chez les Grecs et les Romains. — Les Grecs et les Romains ont connu l'*aimant,* qu'ils appelaient la *pierre,* c'est-à-dire la pierre par excellence; mais ils se contentaient de l'admirer sans en tirer le moindre parti. Ils savaient que l'aimant attire le fer, tout en[2] ignorant sa vertu principale, c'est-à-dire la propriété dont jouit ce minéral de se diriger toujours dans la direction du nord quand il est suspendu de manière à se mouvoir librement et sans obstacles.

Aiguille aimantée. — Au septième et au huitième siècle de notre ère, les commerçants chinois faisaient de longues courses maritimes. On prétend que l'usage de l'aiguille aimantée assurait leur route à travers les mers. Quelques érudits ont même avancé que les Chinois possédaient, dès l'année 121 après Jésus-Christ, ce moyen si précieux pour la navigation. Toutefois, le document le plus ancien que l'on trouve dans les ouvrages chinois relativement à cet objet n'est que du onzième siècle de notre ère.

La boussole connue en Europe au douzième siècle. — C'est vers le douzième siècle que l'aiguille aimantée paraît avoir été connue pour la première fois en Europe. Pendant les Croisades, les Européens, s'étant trouvés en contact continuel avec les Arabes, obtinrent de ces peuples cette précieuse révélation. Les Arabes eux-mêmes avaient appris des Indiens l'usage de la boussole, car, grâce aux navigateurs chinois, l'emploi de l'aiguille aimantée s'était répandu dans les mers de l'Inde.

Un document, fourni par l'histoire littéraire de la France, établit, avec une complète évidence, la connaissance de la boussole en Europe à la fin du douzième

siècle. Un poète français, Guyot de Provins,[1] vers l'année 1180 décrit

> **Une pierre laide et brunière**
> **Où li fer voulentiers se joint.**

Ces deux vers constituent le titre historique le plus ancien et le plus authentique en faveur de la boussole européenne.

Ce n'est donc que vers le douzième siècle que la boussole fut connue des navigateurs de l'Europe. Hugo Bertin, qui vivait du temps de saint Louis,[2] à peu près en même temps que Guyot de Provins, nous apprend qu'à cette époque on enfermait l'aiguille aimantée dans un vase de terre à moitié rempli d'eau, et qu'on la faisait flotter sur ce liquide au moyen de deux petits fétus.

La première boussole dont les navigateurs se soient servis se réduisait donc à une aiguille aimantée flottant sur l'eau. Les frottements du liquide devaient presque entièrement paralyser[3] le mouvement de l'aiguille attirée vers le nord; ce moyen ne pouvait donc fournir aucune indication certaine.

A quel homme ingénieux vint l'heureuse idée d'enlever la *calamite*[4] (c'est ainsi qu'on appelait alors l'aiguille aimantée) aux fétus au moyen desquels elle flottait sur l'eau, pour la placer sur un pivot d'acier pointu s'élevant du centre d'une boîte, c'est-à-dire pour composer notre boussole actuelle?

Les Italiens ont revendiqué le mérite de cette idée en faveur d'un capitaine, ou pilote, nommé Flavio Gioia,[5] natif du royaume de Naples; mais cet honneur leur est bien contesté. Ce qu'on ne peut nier pourtant, c'est que les Italiens aient donné son nom[6] à cet instrument.

Les Anglais ont prétendu, de leur côté, à la décou-

verte de la boussole, pour avoir[1] attaché à l'aiguille aimantée un carton circulaire divisé en trente-deux secteurs, ou *aires de vents.*[2] Quoi qu'il en soit,[3] la fleur de lis[4] qui chez toutes les nations maritimes désigne le nord sur le carton où est figurée la *rose des vents,*[5] ne permet pas de douter que la boussole n'ait reçu[6] des Français de notables perfectionnements.

Explication des phénomènes que présente l'aiguille aimantée. — Avant d'aller plus loin, il importe de donner l'explication scientifique du mouvement de l'aiguille aimantée de la boussole.

Le phénomène essentiel que nous présente l'aiguille aimantée, c'est-à-dire sa propriété constante de se diriger vers le nord et de revenir toujours vers ce même point, quand on l'écarte de cette direction, s'explique facilement si l'on considère, avec les physiciens, le globe terrestre lui-même comme un immense aimant naturel. La terre, dans son action magnétique, nous présente en effet tous les phénomènes qui sont particuliers aux aimants naturels et artificiels.

Si l'on roule dans de la limaille de fer un aimant naturel de forme oblongue, ou simplement un barreau aimanté, on remarque que la limaille de fer, attirée par l'action magnétique, n'est pas également distribuée sur toute la longueur de l'aimant ou du barreau aimanté. On voit la limaille de fer se fixer principalement aux deux extrémités du barreau, et sa quantité décroître rapidement à mesure qu'on s'éloigne de ces extrémités : à la partie moyenne du barreau, l'attraction est nulle, aucune parcelle de limaille ne s'y attache. On nomme *pôles* les extrémités de l'aimant, et *ligne neutre* la partie moyenne du barreau où la force magnétique est presque nulle.

Les deux pôles d'un aimant ou d'un barreau aimanté paraissent exercer une action identique quand on les présente à la limaille de fer; mais cette identité n'est qu'apparente. Les physiciens admettent, dans un aimant, l'existence de deux sortes de fluides agissant chacun par répulsion sur lui-même et par attraction sur l'autre fluide, et dont les résultantes d'action seraient[1] situées aux extrémités ou pôles de l'aimant.

En effet, si l'on suspend à un fil une petite aiguille aimantée, *a, b,* et que,[2] tenant à la main une autre aiguille aimantée A, B, on approche successivement l'extrémité A de cette aiguille des[3] deux pôles *a, b* de l'aiguille suspendue, on voit que l'aiguille aimantée A, B attire l'extrémité ou pôle *b* de l'aiguille suspendue, et repousse, au contraire, l'extrémité ou pôle *a.*

Tous les aimants jouissent de cette propriété: ils se repoussent par leurs pôles de même nom, et l'on a posé en physique la loi suivante sur l'action réciproque des aimants: *Les pôles magnétiques de même nom se repoussent, et les pôles de nom contraire s'attirent.*

Un simple jouet d'enfant va rappeler au lecteur la réalité de ce principe. Quand on tient à la main ces petits barreaux aimantés qui servent de jouets aux enfants pour attirer un autre corps aimanté flottant sur l'eau, comme un cygne, un poisson, etc., formés de fer aimanté, si l'on vient à renverser le barreau, c'est-à-dire à présenter au corps attiré l'extrémité qui était tout à l'heure tenue à la main, on voit ce corps cesser d'être attiré, et même être repoussé assez vivement. Les extrémités ou *pôles* des aimants jouissent donc de propriétés antagonistes: l'une repousse ce que l'autre attire.

La terre peut être considérée comme un aimant de di-

mensions colossales, car elle produit, en agissant sur les différents corps magnétiques, tous les phénomènes que l'on observe dans l'action réciproque que les aimants exercent les uns sur les autres. Si une aiguille aimantée librement suspendue et mobile sur un pivot, se dirige constamment vers le nord, c'est-à-dire subit de la part du globe terrestre une attraction dont le sens est toujours le même, cela tient à ce que[1] le globe, agissant à la manière ordinaire des aimants, attire l'un des pôles de cette aiguille vers son propre pôle de nom contraire. C'est absolument le cas de deux aimants agissant l'un sur l'autre et s'attirant par leurs pôles de nom contraire : l'un de ces aimants, c'est la terre ; l'autre c'est l'aiguille aimantée que nous considérons.

Ainsi que tous les aimants naturels ou artificiels, la terre présente deux pôles jouissant de propriétés opposées et une *ligne neutre*. Comme on l'observe sur tous les autres aimants, l'attraction magnétique du globe est la plus puissante à ses deux extrémités, ou à ses deux *pôles*, et presque nulle à son centre de figure, c'est-à-dire à son *équateur*.

En résumé, les phénomènes que nous présente l'aiguille aimantée s'expliquent aisément, si l'on considère notre globe comme un immense aimant, dont les deux pôles seraient à peu près situés aux pôles terrestres, et dont la ligne neutre coïnciderait presque avec l'équateur.

Boussole marine. — La boussole qui sert à diriger les navigateurs à travers les mers, n'est autre chose que[2] l'aiguille aimantée, qui, tenue en équilibre sur un pivot et pouvant se mouvoir ainsi en toute liberté, se dirige constamment vers le pôle nord de la terre, et signale par là aux navigateurs la direction du nord.

Les premiers navigateurs n'osaient[1] trop s'écarter des côtes, et, s'ils gagnaient la grande mer, ils n'avaient pour guide que le soleil ou l'étoile polaire. Mais les nuages voilent souvent le soleil, et bien des nuits sont obscures. Comment alors gouverner le navire et ne pas rouler au hasard des flots? C'est l'aiguille aimantée, cette pierre *laide et brunière,*[2] qui assure aujourd'hui la route des navigateurs. En effet, une aiguille aimantée, librement et horizontalement placée sur un pivot, prend et conserve toujours la même direction, celle du nord au sud.

La *boussole marine,* ou *compas de route,* se compose d'une aiguille aimantée posée en équilibre et très mobile sur un pivot. On la place dans une boîte. Cette boîte est en bois ou en cuivre; le fer doit être banni de sa construction, car ce métal changerait la direction naturelle de l'aiguille en l'attirant. L'aiguille aimantée est disposée de manière à pouvoir se prêter à tous les mouvements du navire sans perdre son horizontalité. A cet effet, on maintient la boîte qui la renferme, par un système particulier de suspension, dans une direction constamment horizontale, quelle que soit l'inclinaison du vaisseau. Un carton circulaire est placé au-dessous de l'aiguille: son centre correspond à la fois au milieu de la longueur de l'aiguille et à la verticale du pivot. Ce disque, accompagnant l'aiguille dans tous ses mouvements, en modère les oscillations.

La boussole sert à diriger la proue du navire ou, comme on dit, le *cap*, vers le lieu où l'on veut se rendre. On a tracé dans l'intérieur de la boîte un trait vertical placé de manière que le rayon qui y aboutit soit[3] exactement parallèle à l'axe du vaisseau. En examinant la situation de l'aiguille sur le cadran de la boussole par rapport à

la boîte, on sait donc dans quelle direction la proue du navire s'avance, sans être obligé de regarder plus loin. Quand le capitaine ordonne au timonier de gouverner selon tel ou tel *rumb* de vent, le timonier maintient le gouvernail de manière que le cap réponde toujours au rumb qui lui est prescrit.

Déclinaison de l'aiguille aimantée. — Pendant longtemps on a cru que l'aiguille aimantée se dirigeait partout exactement vers le nord. C'est Christophe Colomb qui s'aperçut le premier, en 1492, dans le célèbre voyage où fut découvert le Nouveau-Monde, que l'aiguille de la boussole déviait sensiblement du vrai nord.

En 1599, les navigateurs hollandais dressèrent des tables pour constater cette variation dans différents lieux de la terre. D'autres observateurs remarquèrent que non seulement la déviation de l'aiguille variait en passant d'un lieu à un autre, mais encore qu'elle variait au bout d'un certain temps dans le même lieu. Dès lors on distingua la direction variable de l'aiguille de la direction absolue du méridien astronomique, et par analogie on lui donna le nom de *méridien magnétique.* L'angle que font entre eux ces deux méridiens se nomme la *déclinaison,* et selon que la pointe nord de l'aiguille se tient à l'est ou à l'ouest de la méridienne, on dit que la déclinaison est *orientale* ou *occidentale.* Les marins appellent *variation* la déclinaison de l'aiguille aimantée.

Cette déclinaison est très variable d'un lieu à un autre : elle est occidentale en Europe, orientale en Amérique et dans le nord de l'Asie. Mais dans un même lieu elle présente de nombreuses variations : les unes sont régulières, les autres irrégulières ; on les nomme *perturbations.* Les aurores boréales, les éruptions volcaniques, les chutes de

foudre, troublent accidentellement la déclinaison de l'aiguille aimantée. Quant aux variations régulières, elles sont séculaires, annuelles ou diurnes. Ainsi on a pu constater, d'après des tables rigoureusement tenues, qu'à Paris la déclinaison a varié de plus de 31° depuis 1580. Elle était alors de 11° 30′ à l'est. En 1851 elle était de 20° 25′ à l'ouest. On a remarqué que la déclinaison était nulle en 1663, c'est-à-dire que le méridien magnétique et le méridien terrestre se sont trouvés confondus dans le même plan. Alors les pôles magnétiques correspondaient exactement avec les extrémités de l'axe de rotation de la terre.

Inclinaison de l'aiguille aimantée. — Jusqu'en 1576, on avait toujours supposé que l'aiguille aimantée devait être parfaitement horizontale. Quand on la voyait s'abaisser plus d'un côté que d'un autre, on l'attribuait à ce que le centre de gravité de l'aiguille était mal déterminé. A cette époque, Robert Norman, fabricant d'instruments dans un des faubourgs de Londres, reconnut, par une expérience bien simple, qu'il y avait dans cette inclinaison de l'aiguille une influence autre que celle de la pesanteur. S'étant avisé[1] de mesurer le poids nécessaire pour rétablir l'horizontalité complète d'une aiguille aimantée, il trouva que ce poids n'était pas en rapport avec la différence de longueur des deux branches de l'aiguille, et que, par conséquent, cette inclinaison était provoquée par une cause autre que l'inégalité de poids entre les deux côtés de l'aiguille.

Qu'on suspende[2] une aiguille aimantée de manière qu'elle se meuve librement autour de son centre de gravité dans le plan vertical du méridien, et qu'elle soit empêchée par un châssis de se mouvoir dans le sens horizontal, on la verra s'incliner sur l'horizon. Cette inclinai-

son est d'autant plus grande qu'on s'avance davantage vers l'un ou l'autre pôle de la terre, de sorte que dans la zone équatoriale il y a une série de points où l'aiguille se tient parfaitement horizontale, tandis que dans les régions polaires il existe un point où l'aiguille est au contraire tout à fait verticale. On a donné le nom d'*inclinaison* à ces diverses positions de l'aiguille par rapport à l'horizon. Les points situés vers les pôles où l'aiguille est verticale se nomment *pôles magnétiques.* La ligne de la région équatoriale où l'aiguille demeure au contraire horizontale se nomme l'*équateur magnétique.*

Utilité de la boussole. — La boussole est pour le navigateur l'instrument le plus précieux; c'est grâce à ses indications qu'il peut toujours connaître avec certitude la marche de son navire. Cet instrument peut rendre aussi quelques services à terre. Au sein d'une épaisse forêt, au fond d'une mine profonde, la boussole indique à l'observateur la direction du nord; elle lui permet par conséquent de reconnaître le lieu qu'il occupe, et lui trace la marche à suivre pour se rendre au lieu désiré. Les ouvriers qui travaillent au fond des mines n'ont aucun autre moyen que la boussole pour diriger dans un sens donné leurs travaux, leurs constructions, leurs galeries.

XV. ÉCLAIRAGE AU GAZ

Historique. — C'est vers l'année 1820 que se répandit et commença à se généraliser en France un système nouveau d'éclairage qui devait bientôt produire une révolution complète dans les habitudes du public, réaliser une

importante économie dans l'emploi des combustibles éclairants, et ajouter au bien-être de tous, en répandant à profusion et à bon marché une lumière éclatante et pure.

Quelques détails historiques sur l'origine et les progrès de l'éclairage au gaz ne seront pas sans intérêt ici. Bien que les débuts de l'éclairage au gaz ne datent, en France, que de l'année 1820, un certain nombre de tentatives avaient été faites avant cette époque dans la même direction. Ce sont ces travaux préliminaires que nous devons faire connaître.

Philippe Lebon invente l'éclairage au gaz. — On savait, dès la fin du dix-huitième siècle, que la houille, ou charbon de terre, quand on la soumet, dans un vase fermé, à l'action du calorique, laisse dégager un gas susceptible de s'enflammer. Mais on n'avait tiré aucun parti de cette observation. En 1786, un ingénieur français, Philippe Lebon, né vers 1765, à Brachet (Haute-Marne),[1] eut l'idée de faire servir à l'éclairage les gaz provenant de la distillation du bois, gaz inflammables et qui sont doués d'un certain pouvoir éclairant.

C'est à la campagne, chez son père, que Philippe Lebon, ingénieur des ponts et chaussées, fit son importante découverte. Il était occupé à étudier la fumée qui sortait d'une fiole dans laquelle il avait mis de la sciure de bois, qu'il chauffait sur un brasier. Le feu se communiqua à la fumée qui se mit à brûler avec flamme. Dès lors le principe de l'éclairage au gaz était découvert.

Dans son village natal on croyait que Philippe Lebon était devenu fou, parce qu'il avait dit aux habitants: « Je retourne à Paris, et de là je veux vous chauffer et vous éclairer avec du gaz que je vous enverrai par des conduits.»

En 1799, Philippe Lebon prit un brevet d'invention[1] pour un appareil nommé *thermolampe, ou poêle qui chauffe et éclaire avec économie,* qu'il voulait faire adopter comme un meuble de ménage. Pour obtenir le gaz, il plaçait dans une grande caisse métallique des bûches de bois, qu'il soumettait à une haute température. Le bois, en se décomposant, donnait naissance à des gaz inflammables, à des matières empyreumatiques,[2] à du vinaigre et à de l'eau. La chaleur du fourneau devait servir à décomposer le bois, et le gaz provenant de la décomposition du bois, à éclairer les appartements. C'est au Havre[3] que Lebon tenta d'établir ses premiers *thermolampes.* Mais le gaz qu'il préparait était peu éclairant, et répandait une odeur désagréable, parce qu'il n'était pas épuré. Aussi ces expériences eurent-elles peu de retentissement. Lebon revint à Paris. Pour donner au public un spécimen de ce nouveau mode d'éclairage, les jardins et ses appartements dans la rue Saint-Dominique[4] furent éclairés au moyen du gaz retiré de la houille. Mais ce gaz était impur, fétide, et sa combustion donnait naissance à des produits nuisibles. Lebon fut contraint d'abandonner une entreprise qui l'avait ruiné.

En 1804, Philippe Lebon, après avoir assisté au couronnement de Napoléon Ier,[5] fut assassiné, le soir même, à coups de couteau, dans les Champs-Élysées,[6] sans qu'on ait jamais pu connaître le meurtrier. Une pension fut accordée par l'État à la veuve de Philippe Lebon.

Murdoch et Winsor. — En 1798, un ingénieur anglais, Murdoch, qui connaissait les résultats obtenus à Paris par Philippe Lebon, éclaira, au moyen du gaz retiré de la houille, le bâtiment principal de la manufacture de James Watt.[7] En 1805 seulement la manufacture entière

reçut ce mode d'éclairage; mais le gaz était encore fort mal épuré.

En 1804, un Allemand, nommé Winsor, forma en Angleterre une société industrielle pour l'application, à l'éclairage public, du gaz extrait de la houille. C'est à l'insistance infatigable de Winsor que nous devons l'adoption de l'éclairage au gaz. En 1823, il existait à Londres plusieurs compagnies riches et puissantes, et celle de Winsor, protégée par le roi Georges III,[1] avait posé à elle seule[2] cinquante lieues de tuyaux conducteurs sous le pavé des rues.

En 1815, Winsor s'occupa d'introduire en France cette magnifique industrie. Mais il eut à soutenir de terribles luttes contre les intérêts que menaçait cette invention nouvelle. Il y succomba et se ruina.

Grâce à la protection de Louis XVIII,[3] l'éclairage au gaz fut repris à Paris quelques années après, et l'entreprise ne tarda pas à être couronnée de succès.

On voit, en résumé, en ce qui concerne l'éclairage au gaz, que la France a eu la gloire de concevoir ce que l'Angleterre a eu le mérite d'exécuter.

Composition du gaz de l'éclairage.[4] — Le gaz de l'éclairage se compose essentiellement d'hydrogène bicarboné, gaz qui résulte de l'union, ou, comme on dit en chimie, de la combinaison du charbon avec l'hydrogène, corps simple gazeux. Toutes les substances qui renferment une notable quantité de charbon et d'hydrogène fourniraient, si on les chauffait fortement, des gaz inflammables doués d'un certain pouvoir éclairant. Les matières organiques très hydrogénées et très carburées, comme l'huile, la tourbe, la résine, les graisses, pourraient donc servir à fabriquer un gaz éclairant. On se

sert de préférence de la houille, parce qu'elle laisse comme résidu, après sa combustion, une grande quantité d'un charbon très recherché, le *coke,* dont la vente pour le chauffage suffit à couvrir le prix d'achat de la houille.

Préparation du gaz. — Pour obtenir le gaz de la houille, on place cette matière dans des cylindres de fonte ou de terre, nommés *cornues,* disposés, au nombre de trois ou de cinq, dans un fourneau de briques, que l'on chauffe très fortement. Par l'action de la chaleur, les éléments qui constituent la houille se séparent ; il se forme du goudron, des huiles empyreumatiques, des sels ammoniacaux et divers gaz. Parmi ces gaz nous citerons : l'hydrogène pur, l'ammoniaque, l'hydrogène bicarboné, l'hydrogène sulfuré, ce gaz infect dont tout le monde connaît l'odeur ; enfin le gaz acide carbonique, ce composé gazeux qui donne à l'eau de Seltz[1] sa saveur piquante.

Quand il est souillé par ces divers produits, le gaz provenant de la distillation de la houille est peu éclairant ; il exerce une action délétère sur nos organes ; il altère la couleur des étoffes ; il attaque les métaux et les peintures à base de plomb. Ces effets fâcheux sont dus à l'ammoniaque, aux huiles empyreumatiques et surtout à l'hydrogène sulfuré, qui en brûlant donne du gaz acide sulfureux. Il importe donc de se débarrasser de ces derniers produits, en ne conservant que l'hydrogène bicarboné, le seul gaz qui soit d'un effet utile pour l'éclairage.

Pour y parvenir, on fait arriver tous les produits de la décomposition de la houille dans des tuyaux plongeant dans une boîte de fonte, qui porte le nom de *barillet,* et sous une couche d'eau de quelques centimètres. Les sels ammoniacaux se dissolvent dans l'eau, et en même

temps le goudron s'y condense. On dirige ensuite le gaz dans un appareil appelé *dépurateur*, où il traverse des tamis chargés de chaux pulvérulente et humectée d'eau. Cette substance enlève au gaz l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré, dont il était si important de le débarrasser. Néanmoins l'épuration n'est jamais complète et le gaz conserve toujours une odeur désagréable.

Un kilogramme de houille donne de 200 à 300 litres de gaz.

Gasomètre. — Purifié par les moyens que nous venons d'indiquer, le gaz est amené dans un réservoir destiné à le contenir et qu'on nomme *gazomètre*. Cet appareil se compose de deux parties: la cuve destinée à recevoir l'eau, et la cloche dans laquelle on emmagasine le gaz. Les cuves sont creusées dans le sol et revêtues d'un ciment que l'eau ne peut pénétrer. La cloche, recouverte d'une couche épaisse de goudron, est formée de plaques de très forte tôle. Une chaîne adaptée au sommet de la cloche glisse sur deux poulies, et porte, à son extrémité, des poids qui font à peu près équilibre au[1] gazomètre. Cette dernière disposition permet à la cloche de monter et de descendre facilement dans la cuve. De cette manière, le gaz n'est pas soumis à une trop forte pression, qui aurait pu provoquer des fuites ou gêner la décomposition de la houille jusque dans les cornues.

Becs. — A sa sortie du gazomètre, un large tuyau amène le gaz aux conduits de distribution,[2] qui sont en fonte. Les tubes des embranchements et ceux qui introduisent le gaz dans l'intérieur des maisons sont en plomb.

Par un petit tube conducteur qui s'embranche sur le conduit principal, le gaz est amené dans un double cy-

lindre creux, aboutissant à une petite couronne métallique, percée ordinairement de vingt trous, qui donnent issue à cent vingt ou à cent cinquante litres de gaz par heure. Telle est, en général, la forme des becs dans l'intérieur des maisons. Ceux qui servent à éclairer les rues[1] sont formés d'un petit tube épais, percé d'une fente étroite. Le gaz qui sort par cette fente s'étale en une lame mince et produit une flamme qui ressemble à l'aile d'un papillon.

Cause de l'éclat du gaz de l'éclairage. — C'est ici le lieu de donner une explication du grand pouvoir éclairant propre au gaz de l'éclairage.

Un gaz n'est jamais éclairant par lui-même, mais bien par la présence d'un corps solide dans l'intérieur de la flamme. Ainsi l'hydrogène pur, en brûlant, donne une flamme très pâle et presque invisible, parce que sa combustion ne donne lieu à aucun dépôt de matière solide, la vapeur d'eau étant le seul produit qui résulte de sa combustion. Au contraire, la flamme de l'hydrogène bicarboné est très vive, parce que ce gaz laisse en brûlant un petit dépôt de charbon, lequel restant quelque temps contenu au sein de la flamme avant d'être brûlé, y devient lumineux à cause de sa haute température. Le gaz hydrogène bicarboné emprunte à ce corps étranger séjournant quelques instants dans la flamme sa propriété lumineuse.

C'est en vertu du même principe qu'on a pu employer pour l'éclairage la flamme, naturellement très pâle, de l'hydrogène pur. Il a suffi de placer au milieu du gaz hydrogène en combustion un petit cylindre, ou *corbillon,* formé de fils de platine très fins. Ce cylindre, porté au rouge blanc,[2] répand un éclat des plus vifs,

et la flamme du gaz hydrogène est ainsi rendue très éclairante.

C'est sur cette propriété qu'est basé l'emploi du gaz oxyhydrique, formé d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène dans les proportions voulues pour composer l'eau. Le jet gazeux enflammé est dirigé sur un corps solide composé d'un crayon de chaux ou de magnésie, et la flamme devient éblouissante.

L'hydrogène pur, consacré à l'éclairage, s'obtient en faisant passer de la vapeur d'eau sur du charbon incandescent. L'eau se décompose et donne naissance à du gaz hydrogène pur et à de l'acide carbonique, que l'on absorbe au moyen de la chaux, pour ne laisser que l'hydrogène pur. Ce procédé est très simple, mais le prix de revient[1] du gaz hydrogène pur est trop élevé pour que l'on ait pu l'adopter pour l'éclairage des villes.

Gaz portatif. — On transporte quelquefois le gaz à domicile dans d'immenses voitures de tôle mince, contenant des cylindres métalliques très résistants, à l'intérieur desquels on a comprimé du gaz et qui sont munis d'un robinet et d'un tuyau. Pour distribuer le gaz on n'a qu'à ouvrir le robinet : par son excès de pression le gaz se rend dans le gazomètre, ou réservoir du consommateur.

XVI. PONTS SUSPENDUS

Considérations générales. — Les ponts suspendus se composent de câbles ou de chaînes de fer, tendus d'une rive à l'autre d'un fleuve[2] ou d'une rivière, et supportant, au moyen de tiges de suspension,[3] un tablier qui

donne passage aux piétons et aux voitures. Les avantages spéciaux de ces ponts sont leur position indépendante du lit des fleuves et des torrents impétueux, au-dessus desquels on n'aurait pu établir des piles de pierre; la facilité, la promptitude et l'économie de leur construction; enfin leur hardiesse, leur légèreté et leur élégance. Tandis que dans les ponts fixes la largeur des arches n'a jamais dépassé soixante mètres lorsque la voûte est en pierre, soixante-treize mètres quand elle est en fer, et cent dix-neuf mètres quand on emploie seulement le bois (ces nombres étant des limites maximum[1] qu'il a été permis d'atteindre, mais en deçà desquels[2] on s'est presque toujours tenu), la portée des arches des ponts suspendus, au contraire, peut s'étendre jusqu'à cinq cents mètres. Ils franchissent les vallées les plus profondes et relient entre eux les faîtes les plus escarpés. D'autant plus solides et d'autant moins dangereux que leur portée est plus grande, ils deviennent par la grâce et la légèreté de leurs courbes l'ornement architectural des abîmes.

Résumé historique. — C'est à l'Asie que revient l'honneur des premiers essais des ponts suspendus. Le voyageur Turner,[3] dans la relation de son ambassade au Thibet,[4] parle d'un pont appelé *Chouka-Chazum,* et composé d'un plancher en bambou, appuyé sur cinq chaînes de fer. La longueur de ce pont était de cent quarante-six mètres; les habitants lui attribuaient une origine fabuleuse.

L'*Histoire générale des voyages* parle de l'existence, en Chine, de deux autres ponts du même genre.

Ces ponts, que les écrivains chinois ont pittoresquement appelés *ponts volants,* sont souvent tellement élevés

qu'ils ne peuvent être traversés sans crainte. Un pont de cette espèce existe encore dans la Shensi :[1] il s'étend d'une montagne à une autre, sur une longueur de quatre cents pieds dans le vide. De la surface des eaux, dans le fond du précipice, au tablier du pont, il y a cinq cents pieds. La plupart de ces *ponts volants* sont assez larges pour que quatre hommes puissent y chevaucher de front ; des balustrades solides et élégantes sont placées de chaque côté pour la sécurité des voyageurs. Il n'est pas impossible que les missionnaires chrétiens envoyés en Chine aient connu ce fait, et ce renseignement communiqué aux ingénieurs européens a pu être la cause première de l'introduction des ponts suspendus en Europe.

Depuis assez longtemps,[2] dans l'Amérique du Sud, des ponts suspendus relient entre eux les hauts sommets des Andes et des Cordillères.[3] M. de Humboldt[4] traversa, en 1802, la rivière de Chambiri[5] sur un pont suspendu de quarante mètres de longueur. Dans ces contrées, où le fer est rare, les câbles sont construits avec des lianes, et les cordes fournies par les fibres de l'*agave americana*.[6]

En Europe, on trouve dans un *Recueil de machines,* publié à Venise, en 1617, deux planches représentant des ponts suspendus, l'un en chaînes de fer, l'autre en cordes. En 1741, un pont fut construit sur la Tees,[7] entre les comtés de Durham et d'York : un petit plancher de deux pieds de large, pour le passage des piétons, était établi sur deux chaînes en fer. Long de soixante-dix pieds, il est muni seulement, d'un côté, d'une main courante ;[8] suspendu à plus de soixante pieds au-dessus d'un torrent, il éprouve un balancement considérable. Mais le premier pont suspendu permanent pour le passage des voitures, établi d'après le

système moderne, a été construit par M. Finlay,[1] en Amérique.

Après l'Amérique, l'Angleterre vit s'élever des ponts suspendus sur plusieurs points de son territoire.

Quant à la France, les guerres continuelles qui l'épuisèrent, au commencement de ce siècle, arrêtant l'essor naturel de son industrie et l'isolant du mouvement des autres nations, y retardèrent la naturalisation des ponts suspendus. Le premier pont de ce genre fut établi dans la petite ville d'Annonay,[2] par les frères Seguin, neveux des Montgolfier.[3] Ce pont n'était destiné qu'aux piétons, mais les mêmes constructeurs eurent bientôt le mérite de jeter sur le Rhône, entre Tain et Tournon,[4] le premier pont suspendu propre aux voitures qui ait été vu en France. Depuis cette époque, les ponts suspendus remplacèrent presque partout les bacs dont on se servait pour traverser les rivières, et la France n'a plus rien eu à envier, sous ce rapport, à l'Amérique ni à l'Angleterre. C'est en 1820 que le premier pont suspendu fut établi par Seguin aîné.

Construction des ponts suspendus. Câbles. — Les *câbles,* qui doivent servir à supporter le tablier d'un pont suspendu, sont tendus d'un bord à l'autre du cours d'eau ou de la dépression qu'il s'agit de franchir, et supportent ce tablier au moyen de tiges de suspension. Ces câbles sont formés de fils de fer ayant tous la même longueur, non tordus ensemble, mais juxtaposés parallèlement, et reliés de distance en distance[5] à l'aide de fils recuits qu'on nomme *ligatures.*

On doit donner aux câbles une dimension suffisante pour qu'ils supportent, sans chance de rupture, le poids des fardeaux accidentels qui peuvent se présenter. Il

faut tendre d'une manière égale tous les fils, de peur qu'un petit nombre seulement supportant l'effort, ils ne se rompent[1] et ne déterminent ainsi la chute du pont. Mais cette condition n'est pas rigoureusement réalisable. Il faut avoir soin de faire bouillir les fils dans un mélange d'huile et de litharge, et de les recouvrir ensuite de plusieurs couches de peinture à l'huile lorsqu'ils sont réunis pour former le câble, afin de les mettre à l'abri de l'oxydation. Les câbles en fil de fer sont faciles à fabriquer et on les emploie très généralement en France.

Chaînes. — Les *chaînes,* dont le rôle est le même que celui des câbles, sont formées de barres de fer forgé, reliées entre elles par des boulons. Le forgeage de ces pièces doit être fait avec le plus grand soin, car il suffit d'un grave défaut dans l'une d'elles pour que sa rupture entraîne la chute du pont. C'est là le grand inconvénient des chaînes. Quoi qu'il en soit, elles sont presque exclusivement usitées en Angleterre, et leur usage tend même à se substituer en France à celui des câbles, quand il ne s'agit pas seulement de passerelles, mais de ponts que doivent traverser des voitures lourdement chargées.

Tablier. — Le *tablier* se partage en une chaussée pour les voitures et en deux trottoirs placés de chaque côté pour le passage des piétons. Il se compose de traverses soutenues aux deux bouts par les tiges de suspension. Elles sont reliées par les longuerines formant le trottoir. La liaison des traverses est très importante, elle a pour but d'éviter les ondulations produites par le passage des voitures en répartissant leur poids sur un plus grand nombre de tiges. Le plancher de la chaussée est formé de forts madriers fixés sur les traverses et dans le sens perpendiculaire au leur, et de planches clouées

sur les madriers en travers du pont. Le plancher des trottoirs est formé de planches clouées sur les longuerines qui se trouvent au bout des traverses et sur celles qui bordent la chaussée.

Culées. — Plus la courbure des chaînes est oblique par rapport au sol moins l'effort que les chaînes ou les câbles ont à supporter est considérable. C'est pour cela qu'on élève beaucoup les points d'appui des ponts suspendus, afin de donner aux chaînes la plus grande courbure possible. Les points d'appui sont des massifs en maçonnerie ou des colonnes de fonte. En général, il y en a deux placés sur les rives, et quelquefois un troisième placé au milieu de la rivière et qui prend le nom de *pile.* Au delà des points d'appui fixés sur les deux rives, les chaînes s'infléchissent vers le sol, où elles se fixent à des massifs de maçonnerie appelés *culées.* Ces chaînes, qui se dirigent dans un sens inverse de celui du pont, sont dites *chaînes de retenue.*[1] Grâce à cette ingénieuse disposition, la résistance de tous les efforts transmis le long de la chaîne est dirigée dans le sens des points d'appui, et tend non pas à les renverser, mais à les écraser, ce qui n'est pas facile. Les chaînes se fixent définitivement dans des chambres souterraines.

Épreuve du pont suspendu. — Les ponts suspendus ne sont jamais livrés à la circulation sans avoir été soumis à une épreuve préalable, dans laquelle ils doivent supporter une charge dépassant de beaucoup celle qu'ils supporteraient s'ils étaient couverts d'hommes se coudoyant les uns les autres.[2] On exige en effet qu'un pont suspendu puisse[3] soutenir pendant vingt-quatre heures la charge de deux cents kilogrammes par mètre de surface; or, des hommes se coudoyant n'y produiraient en

moyenne qu'une charge de cent soixante-dix kilogrammes, et l'ouragan le plus furieux ne produirait pas plus d'effet qu'une charge de soixante-huit kilogrammes. Cependant, afin de ne pas trop ébranler les matériaux de construction, on permet pour six mois le passage sur le pont, après qu'il a subi une épreuve moitié moindre, dans laquelle le tablier est chargé seulement de cent kilogrammes par mètre carré. Mais après le délai fixé par cette autorisation provisoire, l'épreuve entière doit être faite.

Ponts suspendus les plus remarquables. — Parmi les ponts suspendus les plus remarquables de l'Europe, on peut citer ceux de Fribourg,[1] de Menai,[2] de Cubzac[3] et de Rouen;[4] et en Amérique, celui de Brooklyn, à New-York.

Le pont de Fribourg, jeté sur une profonde vallée, n'a qu'une seule travée de deux cent soixante-cinq mètres de longueur, et les chaînes sont amarrées dans le roc; celui de Menai, en Angleterre, possède trois travées; il est élevé d'à peu près trente mètres au-dessus de la mer, et les bâtiments à voiles peuvent passer dessous. Le pont de Cubzac, en France, a cinq travées et cinq cents mètres de longueur. Il est supporté par des colonnes de fonte et donne, comme le précédent, passage aux navires. Le pont de Rouen possède une arche en fonte, très élevée et située au milieu de la Seine; on la franchit à l'aide d'un pont-levis qu'on soulève lors du passage des navires. Les massifs de maçonnerie qui supportent cette arche sont assez écartés l'un de l'autre pour livrer passage aux plus larges des vaisseaux qui fréquentent le port.

Le pont suspendu qui a été jeté sur la rivière de l'Est,

pour relier les deux villes de New-York et de Brooklyn, est assez élevé pour donner passage aux plus grands navires. Les deux piles centrales en granit, qui supportent le tablier, s'élèvent à 84 mètres au-dessus de l'eau. Le tablier a 26 mètres de large. Il renferme deux voies carrossables, avec un passage au milieu.

Le pont est à trois travées. L'ouverture de l'arche centrale n'a pas moins de 486 mètres, et les arches latérales 283 mètres. La suspension est faite au moyen de quatre câbles de fil de fer tressés, de 4 centimètres de diamètre chacun. La longueur totale de l'ouvrage est de 1825 mètres. Ce magnifique pont fut livré à la circulation le 24 mai 1883.

Moyen d'éviter les oscillations des ponts suspendus. — La défaveur jetée sur les ponts suspendus ne tient pas uniquement à la rupture arrivée à quelques-uns. Ces ponts, en raison de leurs points de support insuffisants, sont sujets à des oscillations qui les ont fait rejeter de la construction des chemins de fer. Le moyen qu'on a proposé pour éviter les oscillations trop fortes, consiste dans l'emploi de deux chaînes placées dans un plan vertical et reliées par des barres rigides et diagonales.

XVII. LE DRAINAGE

Définition du drainage. — Donner aux eaux stagnantes qui imbibent les terres un écoulement régulier, sans produire néanmoins une dessiccation complète, tel est le but de l'opération connue sous le nom de *drainage*. Le mot *drainage* dérive du verbe anglais *to drain,* qui signifie *égoutter, dessécher au moyen de conduits souterrains.*

L'eau qui demeure en stagnation, soit à la surface du sol, soit au-dessous de cette surface, nuit considérablement au développement des plantes utiles. C'est là un fait d'expérience. Le drainage, en donnant un écoulement à cette eau, doit donc produire un assainissement très efficace du sol.

Dans les quelques lignes que nous allons rapporter, un avocat de Bordeaux,[1] M. Martinelli, a fait comprendre d'une manière aussi simple qu'heureuse le but et l'utilité du drainage.

« Prenez ce pot à fleurs, dit M. Martinelli ; pourquoi ce petit trou au fond ? Je vous demande cela parce qu'il y a toute une révolution agricole dans ce petit trou. Il permet le renouvellement de l'eau, en l'évacuant à mesure. Et pourquoi renouveler l'eau ? Parce qu'elle donne la vie ou la mort : la vie, lorsqu'elle ne fait que traverser[2] la couche de terre, car d'abord elle lui abandonne les principes fécondants qu'elle porte avec elle, ensuite elle rend solubles les éléments destinés à nourrir la plante ; la mort, au contraire, lorsqu'elle séjourne dans le pot, car elle ne tarde pas à corrompre et à pourrir les racines, et puis elle empêche l'eau nouvelle d'y pénétrer.»

Par l'opération du drainage on ménage dans chaque champ ce *petit trou* du pot à fleurs. Il est représenté par des tuyaux en poterie, que l'on place dans les fossés, tranchées ou drains, creusés dans les terres à assainir. Les tuyaux communiquent les uns avec les autres, et débouchent à l'air libre, au point le plus bas de chaque système de rigoles. L'eau qui imprègne le sol arrive en s'infiltrant jusqu'aux tuyaux de terre cuite, s'y introduit à travers les joints qui existent entre leurs extrémités, et s'écoule suivant la pente

du sol, par l'extrémité la plus basse de la ligne des drains.

Ce qui précède concerne le drainage horizontal ou avec très peu de pente. Pour drainer verticalement, dans les terres bourbeuses et sillonnées de sources, il faut des puits absorbants. Les tuyaux sont enfoncés perpendiculairement jusqu'à ce qu'ils atteignent le puits absorbant.

Bons effets du drainage. — Il résulte d'un drainage bien fait, que les eaux de pluie s'écoulent rapidement à travers le sol, et que le niveau des eaux stagnantes s'abaisse; dès lors, une moindre évaporation se faisant à la surface de la terre, la chaleur du sol s'accroît, car l'eau, pour passer de l'état liquide à l'état de vapeur, a besoin d'une grande quantité de chaleur. En outre, un sol drainé a moins de tendance à se fendre et se conserve frais pendant l'été. Les eaux de pluie, rapidement absorbées, ne peuvent plus dégrader la surface des terres et entraîner au loin les principes utiles des fumiers. Les terres humides drainées peuvent être labourées presque en toute saison. L'époque de la maturité des récoltes est considérablement rapprochée. Il se fait sans cesse autour des racines un renouvellement d'air et d'eau, c'est-à-dire des principes les plus nécessaires à l'alimentation des plantes; en effet, l'eau qui imbibe le sol et qui s'écoule peu à peu dans les tuyaux, est immédiatement remplacée par de l'air atmosphérique, et celui-ci par de l'eau, laquelle à son tour est remplacée par un volume égal d'air, et ainsi de suite. Ajoutons enfin que l'assainissement du climat est une conséquence du drainage. Les fièvres intermittentes épidémiques ont disparu dans plusieurs localités après l'exécution de

grands travaux de drainage. On voit donc quel ensemble varié d'avantages procure[1] cette opération agricole, dont l'application a été un véritable bienfait public.

Historique. — Chez les Romains, le premier qui ait parlé des rigoles souterraines est Columelle,[2] savant agronome qui vivait l'an 42 de Jésus-Christ, et qui publia un traité en douze livres intitulé *de Re rustica.* « Si le sol est humide, dit Columelle, il faudra faire des fossés pour le dessécher et donner de l'écoulement aux eaux. On fera pour les fossés cachés des tranchées de trois pieds de profondeur que l'on remplira jusqu'à moitié de petites pierres ou de gravier pur et on recouvrira le tout avec la terre tirée du fossé.» Palladius,[3] agronome qui a écrit longtemps après Columelle, a donné aussi une description des fossés souterrains. Le drainage, pratiqué à l'aide de fossés couverts contenant des matières perméables, n'est donc point une invention tout à fait moderne.

Olivier de Serres,[4] le père de l'agriculture française dont le *Théâtre de l'agriculture* a été imprimé en 1600, va plus loin que Columelle. Il donne une description complète du drainage, tel à peu près qu'on l'exécute de nos jours, et recommande expressément son emploi.

Le capitaine Walter Bligh,[5] en Angleterre, a reproduit les principes exposés par Olivier de Serres; ses compatriotes ont même voulu lui accorder l'honneur d'avoir le premier eu[6] l'idée des tranchées profondes. Un autre Anglais, Elkington,[7] praticien éclairé et persévérant, employa une méthode qui ne diffère que bien peu de celle d'Olivier de Serres. La *Méthode Elkington* consiste dans l'emploi simultané des fossés couverts et des puits.

Mais une invention d'une importance capitale, et dont l'honneur revient à bon droit à l'Angleterre, c'est la subs-

titution des tuiles, et ensuite des tuyaux, aux matériaux qu'on employait anciennement pour remplir le fond des fossés d'assainissement. L'invention et l'emploi d'outils convenables pour ouvrir les tranchées, de machines propres à fabriquer les tuyaux, la rapidité et le peu de frais des opérations exécutées avec le secours de ces machines, ont rendu le drainage facilement applicable, et par suite plus général. Aujourd'hui on ne pourrait presque nulle part fouiller le sol de la Grande-Bretagne sans y rencontrer des tuyaux de drainage.

A la Belgique revient l'honneur d'avoir introduit sur le continent le drainage, perfectionné par les procédés imaginés en Angleterre.

En France, des propriétaires éclairés, entre autres M. le marquis de Bryas, ont fait de louables efforts pour populariser le drainage, et grâce à leur dévouement, au concours des sociétés savantes, à l'appui et aux encouragements du gouvernement, nous n'avons rien à envier à l'Angleterre ni à la Belgique en ce qui concerne cette grande opération, dont les conséquences sont incalculables pour l'augmentation de la valeur des terres cultivées.

Sol qu'il convient de drainer. — Les terrains sur lesquels le drainage s'applique avec utilité, sont les *terres froides,* c'est-à-dire qui reposent sur un sous-sol imperméable, et les *terres fortes,* c'est-à-dire celles où domine l'élément argileux.

Les *terres froides* sont dans le cas d'un pot de fleurs dont le fond ne serait pas percé. Leur état constant d'humidité est très défavorable à la végétation ; les racines y pourrissent ; à la plus légère gelée une croûte de glace s'attache autour des jeunes plantes ; une évapora-

tion constante refroidit le sol ; les plantes qui n'ont pas été détruites par la gelée, végètent languissamment, mûrissent mal, et les récoltes peuvent être complètement compromises dans les années pluvieuses.

Les *terres fortes,* ou argileuses, ne laissent pas assez facilement pénétrer l'eau pluviale qui tombe à leur surface, et, d'autre part, la retiennent trop fortement lorsqu'elles en sont imprégnées. Les vents et le soleil les durcissent et arrêtent la végétation. Les pluies accidentelles ravinent la surface et entraînent les engrais le long des pentes ; les pluies continues les imbibent complètement ; l'eau y est fortement retenue, et les dommages causés par l'évaporation et les gelées s'y font cruellement sentir. Elles opposent, en outre, de grandes difficultés à la culture. En résumé, tout terrain où l'eau séjourne soit à fleur de terre,[1] soit à une petite profondeur, demande à être assaini ou drainé, car ces deux expressions signifient la même chose.

Signes extérieurs du besoin du drainage. — « Partout, dit M. Barral,[2] où, quelques heures après une pluie, on aperçoit de l'eau qui séjourne dans les sillons ; partout où la terre est forte, grasse, où elle s'attache aux souliers, où le pied soit des hommes, soit des chevaux, laisse après le passage des cavités dans lesquelles l'eau demeure comme dans de petites citernes ; partout où le bétail ne peut pénétrer après un temps pluvieux sans s'enfoncer dans une sorte de boue ; partout où le soleil forme sur la terre une croûte dure, légèrement fendillée, resserrant comme dans un étau les racines des plantes ; partout où l'on voit des dépressions du terrain notablement plus humides que le reste des pièces trois ou quatre jours après les pluies ; partout où un bâton enfoncé dans le

sol à une profondeur de quarante à cinquante centimètres forme un trou qui ressemble à une sorte de puits, au fond duquel l'eau stagnante s'aperçoit, on peut affirmer que le drainage produit de bons effets.»

L'aspect de la végétation est aussi un excellent indice de la nécessité du drainage. Les bonnes plantes sont chassées de ces terres inhospitalières, où ne croissent plus que des habitantes des marais que le sarclage ne saurait[1] faire disparaître, mais que le drainage anéantira. Tels sont les prêles, les renouées, les menthes ou baumes sauvages, les iris jaunes ou glaïeuls des marais, les laîches, les scirpes, les joncs, les renoncules, le colchique d'automne, dont les feuilles ressemblent de loin à celles d'un gros poireau et dont les fleurs présentent un long entonnoir d'un lilas tendre et que les animaux ont la prudence de ne pas brouter, etc., etc. On a remarqué que, dans un pâturage humide, il n'y a que deux plantes que les animaux mangent avec plaisir, et que ces deux plantes sont dans une proportion insignifiante par rapport aux autres espèces mauvaises qui étouffent ces pauvres nourrices: ces deux plantes sont la flouve odorante et le trèfle ordinaire.

Manière d'exécuter le drainage. — Nous allons décrire rapidement la série d'opérations qu'il faut exécuter pour drainer un terrain.

Sondage. — On commence par pratiquer des sondages, qui servent à faire connaître la nature du sous-sol, sa consistance, son degré de perméabilité, enfin l'épaisseur des couches de terrain et la manière dont elles sont superposées. Pour sonder, on creuse, à la pioche ou à la bêche, des fossés de 1 mètre 50 à 1 mètre 80, dans diverses parties du terrain à drainer. Cette opération pré-

liminaire permet de saisir les difficultés plus ou moins grandes que nécessitera le creusement des tranchées, et de déterminer approximativement par avance les frais du travail d'assainissement.

Tracé. — Quand ces premières études sont terminées, on dresse le plan du terrain, on cherche, par le nivellement, son relief exact, de manière à pouvoir, sans se tromper, placer les drains dans la direction des plus grandes pentes pour faciliter l'écoulement de l'eau. En effet, la pesanteur étant la seule force qui détermine l'écoulement de l'eau à travers les drains, l'inclinaison des lignes de tranchées doit favoriser cet écoulement.

Un réseau de drainage se compose de fossés couverts de diverses grandeurs. Les plus petits de ces fossés sont appelés *petits drains;* ceux qui reçoivent directement les eaux des petits drains sont nommés *collecteurs de premier ordre;* ceux qui reçoivent les eaux des collecteurs de premier ordre sont les *collecteurs de deuxième ordre,* etc. Les petits drains doivent être dirigés suivant les lignes de plus grande pente du terrain; le nivellement fera connaître les points où l'on devra amener les branches des drains principaux. Ceux-ci sont établis à quatre ou cinq centimètres plus bas que les drains dont ils reçoivent les eaux, et ils doivent se raccorder à angle aigu avec eux. Ce raccordement s'effectue au moyen d'une ouverture circulaire, pratiquée dans le plus gros tuyau, et dans laquelle pénètre le plus petit. Chaque drain doit former une ligne parfaitement droite, afin que l'eau ne rencontre pas d'obstacles dans son cours souterrain. L'extrémité des maîtres drains, au point où ils débouchent dans les ruisseaux ou canaux de décharge, est garnie d'une grille en fer qui s'oppose à l'introduc-

tion des matières qui pourraient, par l'extérieur, obstruer les tuyaux

Creusage et profondeur des drains.—On emploie pour le creusage des drains, la bêche, la pioche, la pelle à puiser. Il faut donner aux tranchées une profondeur telle qu'en enlevant toute l'eau surabondante, elles abaissent en même temps la hauteur de l'eau stagnante, de manière que cette eau ne puisse remonter jusqu'aux racines; cette profondeur est comprise entre quatre-vingt-dix centimètres et un mètre soixante. Elle influe sur la largeur des drains, car plus ceux-ci sont profonds, plus il faut de place aux ouvriers pour les creuser. Quant à l'écartement des drains, il varie avec la nature du sol.

Composition des drains. — Dans les premiers essais de drainage, on se borna à placer au fond des fossés que l'on avait creusés, une suite de pieux croisés en chevalets[1] sur lesquels on assujettissait des fagots de menu bois ou d'épines, et on recouvrait le tout de terre.

Bientôt, on exécuta ces drains au moyen de pierres. Pour drainer ainsi une terre, tantôt on place au fond des tranchées, sur une hauteur de trente à quarante centimètres, des pierrailles d'un faible volume, qui laissent entre elles des interstices où l'eau s'introduit et peut s'écouler au dehors, et on recouvre le tout de terre; tantôt on emploie des pierres plates disposées de telle manière qu'elles forment une espèce de conduit triangulaire, avec des pierrailles pour recouvrir et protéger ce conduit. Ce dernier procédé est bien préférable au précédent, mais il exige de larges tranchées, il nécessite un temps considérable et des soins qui le rendent très dispendieux. Ainsi établis, les drains peuvent durer plusieurs siècles, mais les conduits ainsi construits sont très coûteux.

On a enfin très heureusement remplacé ces divers moyens de construire les conduites d'eau en fabriquant à très bas prix des tuyaux en poterie, qui l'emportent de beaucoup sur[1] tous les moyens précédents, sous le rapport de la durée et de l'économie.

L'obstruction des tuyaux doit être soigneusement évitée; elle a souvent lieu par les racines des arbres. On les éloigne et on les entoure d'un empierrement pour les préserver. Les dépôts apportés par les eaux de drainage sont du carbonate de chaux ou des sels terreux; pour éviter les inconvénients qu'ils occasionnent, il faut mettre les eaux à l'abri du contact de l'air. On atteint ce but en mettant les bouts des derniers tuyaux sous le niveau des regards pneumatiques, c'est-à-dire des ouvertures au moyen desquelles on s'assure de la manière dont se fait l'écoulement.

Tuyaux de drainage. — Ces tuyaux sont cylindriques: leur longueur varie de trente à quarante centimètres, leur diamètre de trois à douze centimètres. Les avantages de la forme circulaire pour les tuyaux sont nombreux et importants. Cette forme permet d'obtenir, avec une quantité déterminée de matière, la plus grande surface d'écoulement; c'est celle qui oppose au mouvement de l'eau le moins de résistance, en sorte que le diamètre des tuyaux peut être réduit au minimum; c'est encore celle qui résiste le mieux aux chocs et aux pressions extérieures, en sorte que l'épaisseur des parois peut n'être que d'un centimètre pour les plus petits. Ainsi, les tuyaux cylindriques sont tout à la fois légers et faciles à transporter; ils occupent peu de place au fond des tranchées, s'obstruent difficilement et coûtent fort peu. Enfin, s'ils sont de bonne terre, et

si on les a posés avec soin, leur durée est, pour ainsi dire, illimitée.

Placés simplement bout à bout dans le fond des drains, ces tuyaux sont reliés entre eux par des manchons ou colliers dans lesquels leurs extrémités sont emboîtées : le diamètre des colliers est tel que le tuyau puisse entrer facilement dans le collier. C'est par les joints de ces tuyaux que se fait, comme nous l'avons dit, la pénétration de l'eau qui imbibe le sous-sol.

La pose de ces tuyaux doit être faite par un homme soigneux et expérimenté, car c'est de cette opération que dépend en grande partie le succès du drainage.

XVIII. LE MICROSCOPE

L'intelligence de l'homme ne s'exerce pas seulement sur les corps infiniment grands, elle cherche encore à pénétrer les infiniment petits, ces êtres mystérieux qui, dans l'harmonie de la création, suppléent par leur nombre à leur petitesse. Ce monde nouveau nous est révélé par le microscope.

On appelle *microscope* l'instrument qui sert à amplifier considérablement les objets trop petits pour être aperçus à la vue simple.[1]

Il importe de distinguer le *microscope simple* et le *microscope composé,* car ces deux instruments, quoique concourant au même but, diffèrent beaucoup, tant par leurs dispositions que par l'époque de leur découverte.

Microscope simple. — Le microscope simple n'est autre chose qu'une lentille biconvexe. On le désigne vulgairement sous le nom de *loupe.* Placée très près de l'œil de

l'observateur, cette lentille unique grossit l'objet que l'on considère à travers son épaisseur.

L'usage des lentilles grossissantes remonte à une haute antiquité. On reconnut en effet de très bonne heure le phénomène de grossissement que produisent les corps translucides terminés par des surfaces sphériques. Les ampoules de verre, les globes pleins d'eau et d'autres substances diaphanes et réfringentes, étaient en usage chez les anciens, pour grossir l'écriture et pour graver les camées. Au quatorzième siècle, on employa les loupes, ou verres taillés en forme sphérique, pour les travaux de certaines professions, telles que l'horlogerie, la gravure, etc. C'est avec ces verres taillés que furent construits les premiers microscopes simples qui servirent aux travaux des anatomistes Leuwenhoeck,[1] Swammerdam[2] et Lyonnet.[3]

La loupe sert aujourd'hui aux naturalistes pour observer, avec un faible grossissement, différentes parties des corps des animaux ou des plantes. Les minéralogistes, les physiciens, les chimistes l'emploient à reconnaître la forme des cristaux trop petits pour être discernables à la vue simple.

On a donné pendant quelque temps le nom de *microscope de Raspail*[4] au microscope simple, c'est-à-dire à une loupe ou lentille que l'on avait assujettie à une tige, munie elle-même d'un *porte-objet,* qui pouvait se fixer à différentes hauteurs sur cette tige à l'aide d'une vis. Ce n'était autre chose que le microscope dont s'étaient servis, comme nous venons de le dire, les premiers observateurs, tels que Leuwenhoeck et Swammerdam.

Le microscope simple, quels que soient la puissance de réfraction de la lentille et son degré de courbure, ne

peut amplifier des objets au delà de cinquante fois leur diamètre.

Microscope composé. — Le microscope composé est formé de la réunion de deux lentilles de dimensions inégales; la plus petite est l'objectif et la plus grande l'oculaire. C'est celle-ci, comme le dit son nom, qu'on applique vers l'œil, tandis que l'autre est dirigée sur l'objet.

Historique. — Le premier microscope composé fut construit, en 1590, par le Hollandais Zacharie Zansz ou Jansen.[1] D'autres en font l'honneur[2] à Cornelius Drebbel (1572), savant hollandais, auquel on attribue également l'invention du thermomètre.

Le microscope que Jansen présenta, en 1590, à Charles-Albert, archiduc d'Autriche, avait deux mètres de long: il était donc d'un usage assez incommode. Cet instrument fut perfectionné depuis par Galilée[3] et par Robert Hooke.[4] Mais, pour obtenir des grossissements considérables, il fallait employer des lentilles très fortes, c'est-à-dire réfractant fortement la lumière. Quand les physiciens voulurent amplifier les objets plus de cent cinquante à deux cents fois en diamètre, ils furent arrêtés par un obstacle qui parut insurmontable, et qui retarda la science pendant plus de deux cents ans. Essayons de faire comprendre la nature de cet obstacle.

En même temps que la lumière se réfracte ou est déviée de sa direction, en passant d'un milieu dans un autre, de l'air, par exemple, dans un morceau de cristal, elle subit encore une modification plus profonde: elle se décompose en plusieurs espèces de rayons différemment colorés. Dans la lumière blanche ou ordinaire, il y a sept couleurs: le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé et

le rouge. Tout le monde a vu ces couleurs quand l'arc-en-ciel jette comme un[1] pont irisé d'un bout à l'autre de l'horizon céleste. On les voit encore sur nos tables, quand la lumière colore de mille nuances, en les traversant, nos vases de cristal. C'est enfin cette même décomposition de la lumière qui fait ressembler à des diamants de toutes couleurs les gouttes d'eau que la rosée du matin a suspendues sur l'herbe des prairies.

Par suite de cette décomposition de la lumière s'effectuant à travers le verre des lentilles, plus les microscopes étaient puissants, c'est-à-dire formés de plus fortes lentilles, plus les images produites étaient colorées et confuses. Newton[2] regarda comme impossible de remédier à ce défaut. Selon lui, les lentilles qui ne donneraient pas d'images irisées, ou, comme on dit, les *lentilles achromatiques*,[3] étaient impossibles à obtenir.

Cependant, en 1757, un opticien de Londres, nommé Dollond,[4] réussit à construire des lentilles achromatiques. Il parvint à ce résultat en juxtaposant deux lentilles, l'une biconvexe en crown-glass, l'autre concave-convexe, en flint-glass. Mais ce n'est qu'en 1824 que ces lentilles, appliquées depuis longtemps à d'autres instruments d'optique, furent utilisées dans la construction du microscope, par M. Selligues. Dès lors le pouvoir amplifiant du microscope alla rapidement en augmentant. On a fini par atteindre un grossissement de douze cents diamètres.

Théorie du microscope composé. — Il nous reste à expliquer le mécanisme physique au moyen duquel on parvient, avec deux morceaux de cristal convenablement taillés, à découvrir aux yeux émerveillés de l'observateur tout un monde inconnu, et à dévoiler ainsi à l'homme une

page admirable du livre de la création que ses sens lui dérobaient, et qu'a reconquise son génie.

Le microscope composé renferme un oculaire et un objectif, formés chacun d'une lentille biconvexe comme la lunette astronomique. C'est, en quelque sorte, la lunette astronomique, car il est aisé de comprendre que, puisqu'il s'agit, avec le microscope, d'amplifier les objets très petits, un mécanisme physique analogue à celui de la lunette astronomique doit permettre d'obtenir ce résultat.

Dans le microscope, l'objet étant très près de l'objectif, une image amplifiée va se former par l'effet grossissant de la lentille biconvexe de l'autre côté de l'objectif. Ensuite, l'oculaire jouant, comme dans la lunette astronomique, le rôle de loupe, on obtient, en avant de la première image, une nouvelle image, très amplifiée, et qui produit ainsi l'effet grossissant qui permet d'examiner dans leurs moindres détails les objets que leur dimension excessivement faible empêchait de discerner à la vue simple.

Un microscope est donc un instrument au moyen duquel on regarde à travers une loupe, non pas un objet, mais l'image de cet objet déjà amplifiée par une lentille biconvexe.

Quand on parle du grossissement du microscope, c'est de l'amplification de son diamètre qu'il s'agit. Le grossissement en surface est le carré de ce nombre. Ainsi, par exemple, si un objet paraît sous des dimensions linéaires cent fois plus grandes, sa surface sera vue dix mille fois plus grande.

Applications du microscope. — Appliqué à une foule d'objets de la nature, le microscope charme nos yeux,

étonne notre esprit, ravit notre imagination, devant les merveilles d'organisation qu'il nous révèle au sein des corps organisés. Un petit fragment de l'herbe de nos prairies, l'œil le plus imperceptible d'un insecte, soumis à l'action de cet admirable instrument, nous découvrent tout un monde nouveau où s'agitent l'activité et la vie. Une goutte d'eau empruntée à un ruisseau chargé de quelques immondices végétales, une matière organique en voie de décomposition, laissent apparaître, si on les observe au microscope, des myriades d'êtres vivants, d'animaux ayant chacun une organisation parfaite, et accomplissant leurs fonctions physiologiques comme les grandes espèces que nous connaissons. La révélation de ce monde invisible que les anciens ont ignoré est, pour les générations modernes, un motif de plus[1] d'admirer la toute-puissance du Créateur.

Dans les sciences proprement dites,[2] les applications du microscope sont nombreuses. Les chimistes emploient cet instrument pour étudier les cristaux, pour déterminer leurs formes et les différencier d'autres substances analogues, pour observer les organismes provenant des fermentations et des putréfactions. Entre les mains du médecin, il peut servir à faire reconnaître diverses maladies par la seule inspection des liquides vitaux. Il sert encore à mettre en évidence les falsifications nombreuses auxquelles peuvent être soumis le fil, la soie, la laine, etc., et les matières alimentaires, telles que l'amidon et les farines. Il sert enfin à mesurer les corps les plus ténus. On a pu, de cette manière, reconnaître que la dimension des globules du sang n'est que de $\frac{1}{152}$ de millimètre de diamètre.

On ne peut se défendre d'une vive admiration pour

les procédés de la science actuelle, en apprenant que, grâce à certaines machines à diviser,[1] on a pu exécuter, dans le faible intervalle que mesure un millimètre, jusqu'à mille divisions égales. Quand on regarde au microscope un millimètre ainsi divisé en mille parties égales, on aperçoit très nettement chacune de ces divisions.

Microscope solaire. — Le *microscope solaire* est une simple lentille qui sert à amplifier considérablement l'image d'un objet fortement éclairé au moyen de la lumière solaire. Un faisceau de rayons de soleil est reçu dans une chambre entièrement obscure, au moyen d'une mince ouverture circulaire percée dans le volet de la fenêtre. Ce faisceau éclaire très vivement un objet étalé sur une lame de verre, et placé sur le passage des rayons solaires. Une lentille de verre, fixée dans le petit tube qui fait suite à[2] l'objet, amplifie considérablement cet objet, qui, ainsi agrandi, vient se projeter et se peindre sur un écran noir. Les dimensions de cette image augmentent à mesure que l'on recule cet écran.

On voit que le microscope solaire n'est autre chose que la *lanterne magique* éclairée par les rayons solaires. L'image obtenue offre un énorme développement, mais elle est indécise, et plus elle s'accroît en dimension, plus elle perd en netteté, comme il arrive pour les images de la lanterne magique.

On a remplacé dans le microscope solaire la lumière du soleil par la lumière du gaz oxyhydrique.

Plus récemment, on a éclairé le même appareil par la lumière électrique, et cette dernière disposition est la plus usitée, parce qu'on peut opérer à toute heure et en tout pays.

XIX. LA FORMATION DE LA HOUILLE

C'est au milieu de révolutions nombreuses que le globe terrestre s'est lentement formé. Il n'a conquis son état actuel de stabilité qu'après des agitations géologiques importantes ; chacune d'elles a laissé l'empreinte de modifications profondes, et c'est pendant les déchirements volcaniques que s'est constitué le sol, aujourd'hui le théâtre des événements humains.

Un morceau de houille, avant d'être charbon, a été arbre, avant d'être inerte, a vécu : ses rameaux verdoyants ont longtemps palpité sous l'étreinte puissante des rayons solaires.

Bien avant l'apparition des hommes sur la scène du monde, la terre était couverte de végétaux entassés en épaisses forêts qui ont lentement grandi, pendant des siècles ; aujourd'hui demeure des hommes, notre planète était autrefois le domaine des plantes. Quelque luxuriante qu'ait été la végétation de ces époques reculées, quelque puissantes qu'aient été ces forêts primitives, après une longue période de prospérité, elles ont peu à peu disparu dans la suite des âges.

Les arbres superbes sont tombés et les plantes robustes sont mortes ; le décor a changé sur le théâtre de la terre.

Mais l'empire végétal n'a pas disparu de la scène du monde sans y semer des débris abondants ; Ninive[1] et Babylone[2] affirment encore aujourd'hui leur splendeur passée par les chapiteaux, les pierres et les colonnes confusément amassés sur leur tombeau ; la végétation houillère a de même laissé les témoins de sa puissance.

Ces débris du règne végétal anéanti, ces ruines des forêts antédiluviennes, se retrouvent dans toutes les parties du monde; ce sont les gigantesques amas noirs que nous appelons charbon de terre. Les mines de houille renferment dans leur gisement des milliers de cadavres de végétaux formidables, lentement carbonisés à travers les âges; elles sont comme l'ossuaire gigantesque de tout un peuple de plantes et d'arbres immenses.

Il est certain que la houille est le résultat de la décomposition de végétaux qui ont étendu leur verdure, pendant une longue période, à la surface des continents. Quand on parcourt les galeries souterraines creusées dans les gisements de charbon de terre, il n'est pas rare d'y rencontrer des débris de plantes nettement conservés, des empreintes de feuilles et de fougères, des troncs même encore debout dans l'amas de charbon. Aux mines de Treuille, à Saint-Étienne,[1] des troncs fossiles sont emprisonnés dans le gisement; on les trouve dans leur tombeau, à la place qui les a vu naître. Carbonisés, inertes et sans vie, ils ont l'élégance de l'individu vivant. Ces cadavres se dressent avec majesté, comme au jour où pleins de sève et de vie, ils aspiraient à la lumière solaire. Il est probable que le sol où s'enfonçaient leurs racines s'est lentement affaissé, et des nappes d'eau les ont peu à peu engloutis dans leur sein; puis la terre les a ensevelis. « Dans la houille de Parkfield-Colliery, dit l'illustre géologue anglais Lyell,[2] dans le Staffordshire[3] méridional, on a mis à découvert,[4] en 1854, sur une surface de quelques centaines de mètres, une couche de houille qui a fourni plus de soixante-treize troncs d'arbres garnis encore de leurs racines.» Quelques-uns de ces troncs gigantesques avaient trois mètres de circonfé-

rence; ils s'étendaient sur une couche d'argile au-dessous de laquelle on rencontrait les débris d'une autre forêt. Au-dessous de celle-ci d'autres arbres existaient encore, en grande abondance. Étrange agglomération, entassement formidable et majestueux: des forêts superposées aux forêts, des arbres sur des arbres, donnent naissance à ces mines gigantesques qui nous frappent par leur grandeur et leur étendue!

Dans les cinq parties du monde, dans toutes les régions de la terre, en Europe comme en Australie, en Amérique comme dans les Indes, le mineur qui creuse l'épiderme terrestre a trouvé abondamment la houille, et le géologue qui l'étudie, observe ces empreintes, ces débris, qui attestent la splendeur d'une vie surabondante et luxuriante.

Là, ce sont des fougères aux branches ramifiées, içi des calamites[1] aux tiges aplaties, plus loin, des fruits primitifs, des feuilles dentelées comme une fine mousseline, ou compactes, comme celles d'un végétal grossier.

Dans les schistes houillers, il n'est pas rare de rencontrer les débris de poissons qui peuplaient les mers de ces âges reculés, et quelquefois même on trouve l'empreinte complète d'un poisson qu'il est facile de définir et d'étudier, tant son squelette est nettement gravé sur la pierre fossile. Des investigateurs vraiment privilégiés ont quelquefois eu la bonne fortune de mettre la main sur[2] certains restes de reptiles qui vivaient jadis dans les eaux troubles et fangeuses des rivages. Parmi les empreintes de reptiles amphibies de la période houillère, les plus remarquables que nous puissions citer sont celles de l'*archegosaurus*,[3] trouvées en 1847, dans le bassin houiller de Saarbruck,[4] près de Strasbourg.[5] Les ouvriers qui mirent la main sur cet échantillon furent

frappés d'une véritable stupeur; on eut toutes les peines du monde à les persuader qu'ils n'avaient pas déterré quelque géant fabuleux, enfoui dans le sol, depuis les mystérieuses périodes du moyen âge.

La découverte des palmiers dans le charbon fossile a principalement surpris les naturalistes, car ces arbres devaient vivre[1] anciennement avec le pin, dont les débris se trouvent aussi dans la houille; aujourd'hui ces deux espèces semblent se fuir. — C'est toujours un fait étonnant de voir ensemble des pins, arbres du nord, avec des palmiers, rejetons des tropiques; Colomb ne manqua pas d'être frappé de ce fait, quand il débarqua en Amérique; il écrit à Ferdinand le Catholique,[2] avec étonnement, que « l'on trouve des palmiers et des pins dans le pays nouvellement découvert.» Ce qui se présente par exception[3] sur la terre actuelle, était presque une généralité à l'époque houillère.

Parmi les débris d'êtres vivants enfouis dans les terrains contemporains de la houille, notamment dans les schistes et dans les grès, on peut encore mentionner des écailles de poissons, ou des vertèbres nettement conservées. Les belles collections géologiques du Muséum d'histoire naturelle[4] et de l'École des mines,[5] comptent parmi les pièces rares qui les composent, de magnifiques empreintes de poissons, que l'on dirait ciselées par un artiste sur des plaques de schistes ou de grès houiller. L'illustre Palissy[6] disait vrai, lorsqu'il affirmait que la nature est un livre, toujours ouvert à l'observateur laborieux; quels ne seraient sa joie et son étonnement, s'il lui était donné d'admirer aujourd'hui ces vestiges antédiluviens de l'époque houillère, de visiter aux États-Unis ces morceaux d'argile tendre, où se trouvent moulées les

empreintes de pattes d'animaux fossiles, où l'on voit jusqu'à des gouttes d'eau de pluie, jusqu'à la trace capricieuse des ondulations des vagues de ces âges disparus; trace si fugitive, restée indélébile à travers les siècles!

Les empreintes de fougères sont les plus abondantes, et le nombre de leurs variétés est considérable; c'est une flore complexe que celle de la houille,[1] et le botaniste énumère difficilement toutes les espèces qu'il rencontre dans les entrailles du sol. Spectacle étonnant que celui de ces débris, encore conservés jusqu'à nous![2]

Nous n'en finirions pas s'il fallait énumérer la liste des fossiles qui s'offrent au géologue dans le terrain houiller. Il nous suffira d'avoir mentionné quelques types caractéristiques donnant une idée des débris abandonnés, dans l'écorce terrestre, par un monde disparu. Si les plantes sont abondantes, si la flore est riche et multiple, les coquillages ne sont pas moins nombreux; ils se comptent par milliers. Quelques espèces offrent de grandes analogies avec celles qui règnent encore à la surface des continents. Pour n'en citer qu'un exemple, mentionnons les étoiles de mer fossiles, que l'on trouve assez fréquemment dans les rognons de fer carbonaté[3] contemporains de la période houillère, et qui, quoique âgées de plusieurs milliers de siècles, paraissent avoir été recueillies sur nos rivages modernes.

Presque tous les grands phénomènes géologiques qui ont déterminé la formation de l'écorce terrestre se manifestent encore lentement sous nos yeux pendant l'époque actuelle. C'est ainsi que les perturbations mécaniques, qui ont rejeté les eaux bien loin de leurs rivages, sont représentées de nos jours par les soulèvements du sol et par l'effort des volcans ou des tremblements de terre;

c'est ainsi que la lente génération des roches s'effectue sous nos yeux, par le dépôt des cours d'eau et des mers ; mais tous ces phénomènes modernes n'ont plus la puissance d'action des phénomènes anciens, c'est un mouvement ralenti, en effet, atténué, et comme une lointaine réminiscence.

La formation de la tourbe, qui prend naissance sous nos yeux mêmes, a sans doute de grandes analogies avec la formation de la houille, et son étude peut nous donner quelques aperçus précieux sur la création des immenses gîtes carbonifères où puise l'industrie moderne.

La plupart des tourbières se trouvent dans des plaines basses où les eaux ne s'écoulent que difficilement et où elles ne présentent généralement qu'une très faible profondeur. Telles sont les vastes tourbières des bassins de la Somme,[1] de la Seine[2] et de la Loire.[3] Quelquefois le phénomène du tourbage se produit sur des pentes que couvrent des plantes abondantes, basses et serrées. Ces végétaux entremêlés agissent comme une sorte d'éponge, qui retient constamment une nappe d'eau où ils se décomposent. Telles sont les tourbières des pentes montagneuses de la France et des Vosges ;[4] toutefois, sur ces versants, la génération de la tourbe est loin d'être aussi active que sur les plateaux horizontaux.

D'après les remarquables travaux de M. Élie de Beaumont,[5] il se développe dans les eaux stagnantes où la tourbe prend naissance deux espèces de végétation ; l'une, au fond, engendrée par des végétaux aquatiques ; l'autre, superficielle, produite par des plantes terrestres qui prennent racine sur une espèce de radeau solide, formé par les feuilles et les bois morts qui surnagent, et que viennent grossir une infinité de débris organiques.

Une fois que ces végétaux terrestres ont pris naissance, il se forme à la surface de l'eau un gazon superficiel qui se consolide de jour en jour ; sa solidité s'accroît constamment, et il peut bientôt servir de support à des arbres assez grands. Quand on parcourt ces terrains formés au-dessus de nappes d'eau, on s'aperçoit qu'ils sont élastiques, sonores, et la moindre cavité qu'on y creuse fait entrevoir le liquide stagnant.

« Pour bien apprécier, dit M. Burat,[1] le phénomène de l'accroissement des tourbières, il suffit de se rendre compte de leur structure intérieure. Le gazon superficiel forme une surface solide, élastique, au-dessous de laquelle se trouve l'eau, remplie par les plantes ascendantes du fond et les racines descendantes du gazon ; ces plantes et ces racines enchevêtrées déterminent un feutrage spongieux. Du fond de l'eau se développent et montent les plantes aquatiques qui augmentent l'épaisseur du feutrage et dont la décomposition successive accroît incessamment l'épaisseur de la tourbe. Cette tourbe se stratifie à mesure qu'elle se produit, et elle exhausse le fond de la tourbière.»

L'apparence de la tourbe est très variable, suivant la nature des végétaux qui la constituent. La tourbe *mousseuse* est la plus abondante : elle est formée de végétaux rampants agglomérés et entrelacés. La tourbe *feuilletée* est essentiellement produite par des feuilles superposées, et l'on rencontre dans sa masse les troncs et les branches des arbres où ces feuilles ont pris naissance. Généralement ces troncs sont déformés, aplatis et couchés ; cependant ils restent quelquefois debout comme les fossiles qui se trouvent dans la houille.

Ces gisements prennent le nom impropre de *forêts sous-*

marines, parce qu'on les rencontre souvent sur les rivages de l'Océan, à un niveau inférieur à[1] celui des eaux; mais ils sont constitués par des végétaux terrestres, des chênes, des bouleaux, transformés en tourbe, que l'immersion subite des eaux ou la pression des sables a profondément enfouis dans les entrailles du sol. La baie de Saint-Michel[2] présente un bel exemple géologique de la submersion de la tourbe. Située sous le sol du rivage, derrière des levées ou barres de galets que les ouragans et la tempête ont postérieurement détruites, à l'époque des Romains, elle était couverte de bois. La levée littorale, brisée par la force des flots, submergea la forêt vers le huitième siècle; bientôt le sol tourbeux de la forêt fut envahi par les sables, et aujourd'hui c'est sous les dunes qu'on le rencontre pendant la tempête. Le choc des vagues rend manifeste cette formation séculaire; les flots frappent le fond du rivage et en arrachent des débris de bois, noircis par une altération analogue à celle des tourbières.

Qui nous dit que ces tourbières ne se transformeront pas un jour en charbon de terre et que nos descendants ne puiseront pas plus tard dans ces gisements, actuellement en voie de formation? A part la différence minéralogique des produits, rien ne s'oppose à assimiler les conditions de formation de la houille à celles qui donnent naissance à la tourbe. Cette hypothèse se présente naturellement à la pensée; elle se trouve vivifiée par l'observation même de la nature qui nous montre dans ses créations multiples l'action des mêmes causes produisant les mêmes effets. Cette lente formation de la tourbe est peut-être l'image de la formation des gisements séculaires de la houille; nous aurions sous les yeux le tableau de l'action des forces naturelles, qui travaillent patiemment

à travers les âges, et qui, aidés par l'influence du temps, produisent des œuvres immenses. Nous trouverions ainsi la confirmation de la grande pensée de l'illustre Leibnitz,[1] qui considérait le présent comme un miroir où se reflète le passé pour réfléchir l'avenir.

L'étude des empreintes de fougères et d'arbres divers, ne nous permet pas seulement d'affirmer en toute certitude l'origine de la houille; elle nous autorise encore à reconstituer par la pensée le monde disparu de cette période si surprenante. Pompéi et Herculanum,[2] enfouis sous la lave volcanique, se dressent aux yeux de l'historien qui décrit les maisons de ces cités gracieuses, et qui voit la foule des morts se réveiller pour animer les rues aujourd'hui désertes et silencieuses; les fossiles de la houille semblent de même sortir d'un long repos pour apparaître aux yeux du géologue, cet autre historien de la nature; sous les ordres de la science, les fougères relèvent leurs rameaux épais, les lépidodendrons[3] aux tiges élancées et flexibles reprennent vie; les lycopodiacées[4] verdoyantes baignent leurs racines dans les marécages, autour d'un tapis de verdure éternel et sans limites.[5] La terre, d'un pôle à l'autre, est couverte d'un épais manteau de verdure et les végétaux de la houille ressuscitent à la voix de la géologie. Voilà les continents qui se revêtent d'un ombrage immuable et prodigieux.

Étrange décor qui embellissait la scène de notre planète: nos végétaux les plus humbles étaient les plus orgueilleux; les fougères de notre époque ne sont plus que les représentants rachitiques des fougères antédiluviennes, et les humbles herbages de nos marais sont une image en miniature des roseaux gigantesques qui couvraient le sol. Les végétaux primitifs avaient une uni-

formité saisissante, quelque chose de grand dans la pauvreté d'espèces. La nature, prodigue de force et de fécondité, semblait avare de variété. Pas de fruits, pas de fleurs, comme contraste dans la monotonie des nuances; pas d'animaux terrestres pour animer de leurs mouvements ces forêts silencieuses. La vie végétale immobile, éternelle: sur les continents, çà et là des marécages, plus loin, des mers étendues. Pas un oiseau ne voltigeait sur les rameaux épais, pas un mammifère ne cherchait l'ombre sous les feuilles, l'Océan seul avait de nombreux habitants. Quelques rares insectes promenaient leurs ailes diaprées, irisées et brillantes sur ce monde organique; mais la majesté des forêts n'était troublée par aucun être supérieur; pas un pied vivant ne froissait la feuille qui se détachait de sa tige, pas une souillure sur cette virginité d'ombrage et de verdure, pas une pensée pour contempler l'uniformité de ce monde étrange.

Au centre de l'Afrique, sous les tropiques, il existe encore quelques forêts dont les arbres offrent une analogie frappante avec ceux de la période houillère. Livingstone[1] a décrit ces végétaux singuliers qu'il a découverts au milieu des régions inexplorées du vaste plateau africain. L'humidité de l'air, la chaleur exceptionnelle de ces contrées accablent l'audacieux voyageur qui ose pénétrer dans ce domaine de la végétation: les pluies torrentielles, les rayons d'un soleil ardent, anéantissaient l'explorateur; c'est là le pays de la végétation touffue qui règne puissante, majestueuse.

Sur ce vaste plateau africain est écrite, pour ainsi dire, l'histoire des forêts de la houille; on y voit les derniers vestiges d'un monde anéanti. Mais l'atmosphère de ces

contrées modernes n'est plus ce même air antédiluvien chargé d'acide carbonique, si propre à donner aux végétaux une force et un développement exceptionnels.

La rapidité de croissance des végétaux primitifs, l'activité de leur développement, la grandeur de leurs proportions, l'immensité de leur étendue, peuvent, en effet, nous présenter l'état de l'air dans ces âges enfouis depuis des siècles dans les profondeurs du passé.

L'atmosphère était saturée d'humidité, chargée de gaz acide carbonique, et sa température très élevée favorisait le développement des végétaux. Des pluies abondantes et torrentielles se déversaient sur les continents,. fécondaient les forêts qui s'élevaient aux bords des estuaires, sur le rivage des lacs et au milieu de fiords verdoyants.

Sous l'influence des rayons solaires, les plantes de ces temps reculés réduisaient l'acide carbonique; elles s'assimilaient le carbone qui s'y trouve contenu et purifiaient ainsi l'atmosphère, en le préparant à donner la vie à d'autres êtres plus perfectionnés. Cette réduction de l'acide carbonique s'opérait avec une absorption de chaleur de la part du végétal; chaleur emmagasinée, devenue latente, qui ne devait apparaître que le jour où l'homme brûlerait le noir combustible. Quand on chauffe le charbon de terre, il brûle, il se combine avec l'oxygène de l'air et dégage de la chaleur; on peut dire sans être paradoxal, que cette chaleur n'est autre que[1] celle des rayons solaires antédiluviens, concentrés pendant des siècles dans la houille; ils se dégagent aujourd'hui pour féconder l'industrie des sociétés modernes.

XX. LES MODIFICATIONS DE LA SURFACE TERRESTRE

La terre est actuellement soumise à des transformations incessantes.

L'eau qui s'agite dans la mer, qui glisse sur le flanc des montagnes, qui roule dans le lit des fleuves, l'air agité qui forme le vent, les feux souterrains qui grondent dans les éruptions volcaniques, qui se manifestent par les tremblements de terre, modifient constamment le relief de nos continents.

L'Océan couvre presque la totalité du globe, ses eaux s'étendent surtout dans les parties chaudes de notre planète; dans les régions torrides, sous l'influence de la chaleur solaire, elles s'élèvent sans cesse dans l'atmosphère à l'état de vapeur. Les courants aériens la transportent sous forme de nuages vers les régions du nord, où sous l'effet de l'abaissement de température elle reprend l'état liquide, tombe en pluie à la surface des continents, ou se condense en neige quand elle rencontre le sommet glacé des montagnes. Les glaciers prennent naissance et retournent ensuite à l'état liquide par la fusion.

L'eau en s'écoulant ainsi sur le flanc des montagnes forme le torrent qui entraîne dans sa course des fragments de rochers, des pierres, et qui les divise ou les arrondit par le transport; les menus fragments forment un limon qui se précipite dans la vallée, et que le fleuve entraînera dans ses eaux jusqu'au bord même de la mer, où il donne naissance au delta. L'eau tend donc à

niveler la montagne, à transporter une partie de sa substance dans la vallée, et jusqu'aux bords même de l'Océan.

Mais l'eau modifie encore le globe, en dissolvant les substances minérales qu'elle arrose sur son passage au sein des continents; elle s'empare du carbonate de chaux dont sont constitués les terrains calcaires, et le porte au milieu des mers où des polypiers[1] s'en saisissent. Les infiniment petits qui y vivent, fixent le carbonate de chaux, édifient des récifs, des îles, peut-être des continents de l'avenir, avec la substance qui est ainsi arrachée des terres émergées actuelles.

Sur les rivages, les vagues ébranlent les falaises, les font ébouler, les taillent, les découpent, y ouvrent des arches, y façonnent des pics, des aiguilles, qui tombant bientôt, sont divisés en galets, puis en grains de sable.

A l'état de glace, l'eau forme les glaciers des Alpes, dont la matière visqueuse, glisse comme de la cire molle dans les anfractuosités de ces massifs, roule les pierres à leur pied et y forme les moraines. Les glaciers peuvent ainsi transporter à leur surface des fragments de pierre ou des blocs de rochers, souvent de grande dimension, à des distances considérables du lieu où ils se sont formés. Plus tard, si le glacier a fondu, on retrouve ces rochers appelés *blocs erratiques,* qui constituent une des preuves de son existence antérieure.

Sous forme de glace flottante dans les mers du nord, l'eau enlève encore la substance des îles où elle s'est solidifiée, pour s'en détacher: entraîné par les courants marins, comme le nuage l'était tout à l'heure par les courants aériens, l'iceberg[2] reprend l'état liquide quand il arrive vers les régions plus chaudes de l'Océan, mais les

pierres, le sable qu'il tenait dans sa masse sont mis en liberté, tombent au fond des mers, où ce phénomène de fusion s'accomplit, et tendent sans cesse à l'exhausser.

L'eau est l'agent de nivellement par excellence; cet élément toujours en action, travaille continuellement à enlever à la montagne la substance dont elle est formée, à la diviser en blocs, en petits fragments, puis en poussière, à effondrer la falaise, à aplanir la surface du globe. Travail lent aux yeux de l'homme dont l'existence est bornée, mais travail régulier, incessant qui acquiert à travers les siècles une extraordinaire importance. C'est encore au sein de l'eau immobilisée dans les marécages, que les plantes qui y sont amoncelées se transforment en tourbe que quelques naturalistes considèrent comme une sorte de houille en préparation.

Non moins puissante est l'action du feu central, qui forme la masse presque tout entière du globe terrestre, et qui existe partout sous la mince pellicule, où se sont succédés les êtres.[1] Il révèle son action dans les tremblements de terre, dans l'éruption subite des îles volcaniques; il vomit la lave qui forme des traînées le long des bouches des volcans, il ride les surfaces terrestres et y pratique des fissures immenses; mais il agit encore constamment en soulevant lentement le sol dans un grand nombre de régions du globe. Ce phénomène manifeste a une importance considérable; comme ceux que nous avons énumérés précédemment, il acquiert une valeur énorme à travers les siècles. Les côtes qui s'élèvent sous la pression du feu central, repoussent les eaux de la mer, au fond desquelles nous avons vu qu'il se déposait des terrains sédimentaires; ce fond, dans la suite des âges, formera peut-être un nouveau continent,

où les géologues de l'avenir chercheront des débris fossiles.

L'air nous offre encore, quoique beaucoup moins que l'eau et le feu, l'occasion d'étudier un grand nombre de modifications terrestres; quand il est en mouvement et qu'il[1] forme le vent, il chasse devant lui le sable fin des mers et amoncelle les dunes sur le rivage; mais la dune une fois formée ne reste pas en repos. Elle se surélève sans cesse, par les nouvelles particules de poussière que l'air en mouvement y apporte, mais en même temps son sommet se démolit continuellement sous l'influence du vent; elle s'accroît ainsi sur sa pente antérieure et progresse en réalité, s'avance dans un sens déterminé si le vent souffle dans une direction constante. Cette marche des dunes est le rôle le plus important de l'air, mais n'oublions pas que la masse gazeuse qui entoure le globe fournit à l'eau l'acide carbonique et les gaz qu'il contient et que, par l'apport de cette première substance, elle lui communique la propriété de dissoudre le carbonate de chaux terrestre et un grand nombre de substances minérales.

Quoique le tableau précédent soit tracé d'une façon tout à fait sommaire, ne nous permet-il pas de nous rendre compte de certaines modifications de la surface terrestre dans le passé? Les sédiments qui se forment sous nos yeux au sein de nos mers actuelles, n'acquièrent qu'une faible épaisseur en un siècle,[2] par conséquent les terrains sédimentaires anciens, qui se présentent à nos yeux avec une épaisseur de plusieurs kilomètres, ont nécessité pour prendre naissance le concours d'un temps dont la durée est si considérable qu'elle dépasse tout ce que l'imagination peut rêver. C'est par milliers de

siècles qu'il faut évidemment compter le temps de formation de masses sédimentaires d'une telle puissance. Mais si pendant ces milliers de siècles, le sol qui constituait au temps de sa formation, le fond de la mer, a été soulevé peu à peu sous la réaction du feu central, n'eût-il[1] progressé qu'avec la régulière lenteur d'ascension de nos côtes actuelles, il n'en a pas moins dû atteindre[2] et dépasser le niveau de la mer; celle-ci se trouvait ainsi portée à recouvrir d'autres régions du globe qui s'affaissaient peut-être de la même manière. Au lieu de cataclysmes brusques ou de révolutions difficilement explicables, on assisterait à[3] une suite d'oscillations, dont la démonstration apparaît dans les phénomènes actuels, et qui auraient tour à tour englouti au fond des mers ou fait émerger à la surface des eaux, les différentes parties de la pellicule terrestre.

Est-ce à dire qu'il faudrait exclure de l'histoire du globe les révolutions soudaines et les grandes perturbations? Nous croyons qu'une telle manière de voir ne serait pas justifiée. Les éruptions volcaniques, la brusque apparition d'îles, les tremblements de terre, se produisent encore sous nos yeux; les feux souterrains qui ont leurs moments de crise, à l'époque actuelle, ont dû se manifester[4] dans les temps passés, déchirer le sol par larges fissures, rejeter brusquement les eaux en inondations, à la suite de soulèvements soudains, comme cela a lieu parfois à notre époque. Mais il est probable que ces commotions violentes n'ont été jadis, comme actuellement, que des réactions exceptionnelles des forces naturelles, et que ces révolutions n'ont que rarement troublé l'admirable mécanisme des évolutions de la surface terrestre.

Les géologues et les paléontologistes modernes ne sont pas d'accord sur les causes de la modification de la surface terrestre. Un de nos plus grands maîtres, Élie de Beaumont,[1] qui a puissamment contribué avec les Brongniart,[2] les Dufrénoy,[3] les Buckland,[4] les Agassiz,[5] les Saussure,[6] etc., à asseoir la géologie moderne sur des bases positives et à diviser les terrains en *éruptifs* et en *sédimentaires*, etait un des disciples les plus convaincus de l'école des *révolutions du globe* et des *soulèvements*. Pour cette école, toutes les montagnes ont été violemment soulevées, instantanément, d'une façon subite et désordonnée. Ces cataclysmes formidables auraient donné lieu à des déluges et auraient déterminé l'extinction d'un grand nombre de familles d'êtres vivants. D'autres savants, parmi lesquels nous mentionnerons les Lyell,[7] les Darwin[8] et un grand nombre de naturalistes français, sont partisans des *causes lentes*, et admettent que tous les phénomènes du passé sont analogues à ceux qui agissent encore actuellement.

C'est à Ch. Lyell que l'on doit le premier ouvrage[9] où ces idées se trouvent exposées d'une façon magistrale. Le grand géologue anglais tendait à prouver que les modifications de la surface terrestre, qui s'accomplissent sous nos yeux, sont suffisantes pour expliquer les transformations de l'écorce du globe à travers les âges. Il montre que, pour expliquer l'origine et la structure de la terre de la façon la plus simple et la plus naturelle, en invoquant seulement les causes actuelles, il suffit de supposer des périodes chronologiques extrêmement longues. Lyell montra que nous pouvons nous expliquer tout naturellement la formation de ces grandes chaînes de montagnes par de lents et imperceptibles mouvements

d'élévation et de dépression de l'écorce terrestre, qui s'exécutent encore aujourd'hui sous nos yeux. Que[1] ces exhaussements et ces abaissements soient seulement de deux pouces ou au plus d'un pied par siècle, ils suffiront très bien, s'ils ont une durée de quelques millions d'années, à faire saillir les plus hautes chaînes de montagnes. L'activité météorologique de l'atmosphère, l'action de la pluie et de la neige, le ressac des vagues le long des côtes, phénomènes en apparence[2] insignifiants, suffisent à produire les modifications les plus considérables, pour peu qu'on[3] leur accorde un laps de temps suffisant.

XXI. PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

La lumière des astres, de même que celle de nos sources artificielles, ne parvient jamais à nos yeux sans avoir traversé une couche d'air plus ou moins épaisse; et dans bien des cas l'épaisseur de cette couche ne semble exercer aucune influence appréciable sur nos impressions. La présence de l'air n'est cependant pas une condition nécessaire à la transmission de la lumière; elle se propage dans le vide avec plus de facilité encore que dans l'air. Sous ce rapport elle diffère essentiellement du son, qui a besoin, pour parvenir à notre oreille, de l'intermédiaire d'un milieu pondérable. Une sonnerie placée sous le récipient de la machine pneumatique cesse de se faire entendre quand l'air a été complètement épuisé; les plus formidables détonations pourraient se produire en dehors de notre atmosphère sans communiquer à notre oreille la plus légère impression. La lumière des astres franchit au contraire avec une prodigieuse rapidité les

espaces célestes; la chambre vide d'un baromètre est aussi perméable aux rayons lumineux que si elle était remplie d'air ou d'un gaz quelconque.

L'air joue donc un rôle tout à fait passif dans la transmission de la lumière; on a donné le nom de *transparence* à la propriété qu'il possède de se laisser traverser par les rayons lumineux. Cette propriété, qu'il partage à des degrés divers avec tous les gaz, n'est cependant pas le privilège exclusif des substances gazeuses. Nous distinguons très nettement les objets extérieurs au travers des lames de verre qui ferment nos habitations; l'eau limpide d'un ruisseau nous laisse apercevoir distinctement les cailloux étalés au fond de son lit.

La transparence des divers corps perméables à la lumière peut subir des variations considérables: pour une même substance cette propriété diminue toujours à mesure que son épaisseur augmente. Ce fait d'une généralité absolue ne comporte pas une seule exception.

Il n'existe pas de corps d'une transparence complète; l'air lui-même oppose un obstacle sensible au passage des rayons lumineux. Le soleil, à son lever, nous apparaît comme un globe de feu dont l'œil supporte l'éclat sans fatigue, mais, à mesure qu'il s'élève au-dessus de l'horizon, l'astre devient de plus en plus éblouissant, bientôt il ne nous est plus possible de le fixer du regard.[1] La quantité de lumière émise par le soleil n'a cependant pas changé; l'épaisseur de la couche d'air traversée par ses rayons a seule diminué.

Des effets du même genre se manifestent tous les jours à nos yeux. Ces tons si doux et si variés dont se parent les grandioses paysages de la nature sont dus en grande partie à la transparence imparfaite de l'air: l'éclairage

intense des premiers plans[1] établit un contraste des plus harmonieux avec l'effacement relatif des objets éloignés. Ces dégradations[2] insensibles sont pour nous un des moyens les plus puissants d'évaluer les distances; cette perspective aérienne, pour employer une heureuse expression consacrée dans le langage des peintres, est un des principaux éléments du relief, d'un effet bien plus saisissant que la perspective sèche et géométrique des lignes.

La diminution de transparence avec l'épaisseur est beaucoup plus accentuée dans les milieux solides ou liquides que dans les gaz et les vapeurs. Une lame du cristal le plus limpide projette déjà une ombre visible sur un écran directement éclairé par le soleil, et cette ombre augmente rapidement d'intensité quand la lame devient de plus en plus épaisse. L'eau, si transparente en couche mince, acquiert une opacité presque absolue si elle est en masse considérable: la lumière qui tombe à la surface des mers s'affaiblit rapidement en pénétrant dans le milieu liquide, pour s'éteindre complètement à une profondeur qui ne paraît pas dépasser une centaine de mètres. Dans les régions sous-marines règne une éternelle nuit, aussi profonde que celle des cavernes souterraines.

Toutes les fois qu'un[3] rayon lumineux traverse un milieu transparent, ses propriétés sont plus ou moins modifiées: la couleur blanche de la lumière, ordinairement altérée, prend une nuance particulière, variable selon la nature du milieu. Cet effet se manifeste d'une façon très énergique dans les verres et les liquides colorés. Ici encore, l'influence de l'épaisseur s'exerce d'une manière très remarquable: un verre rouge, par exemple, perd en

grande partie sa coloration quand on le réduit en lame mince ; il finirait par devenir incolore sous une épaisseur extrêmement faible.

Cette propriété d'altérer ainsi la couleur de la lumière n'est pas spéciale aux milieux que nous appelons colorés ; on la retrouve à divers degrés dans tous les corps transparents, dont elle constitue un caractère général. Le verre le plus diaphane nous paraît vert ou jaunâtre quand il est en fragments volumineux. L'eau de la mer se colore en bleu ou en vert quand son épaisseur est considérable. L'air lui-même, le plus invisible de tous les corps, acquiert dans bien des cas une couleur très évidente : tout le monde a bien souvent admiré la belle nuance orangée des astres voisins de l'horizon ; cette riche coloration a son origine dans notre atmosphère ; elle est due à la couleur propre de l'air, rendue sensible par l'épaisseur de la couche traversée par les rayons lumineux.

Nous aurons à revenir sur toutes les causes qui interviennent dans ces intéressants phénomènes, notre but est de montrer ici la diversité d'action des différents milieux transparents, en même temps que la généralité des principes sur lesquels elle repose. D'après ces quelques exemples, la transparence nous apparaît comme une propriété relative de la matière, liée à la fois à sa nature même et à son état de division ; il était par conséquent logique de se demander si les substances les plus opaques, réduites en feuilles d'une ténuité suffisante, ne participeraient pas, comme les premières, à cette propriété : l'expérience a répondu d'une manière affirmative.

Tous les métaux sont perméables à la lumière quand ils sont travaillés en lames d'une très faible épaisseur ;

l'on ne saurait attribuer leur transparence à des fissures accidentelles, car la lumière transmise acquiert, comme dans les cas précédents, une couleur spéciale intimement liée à la nature du métal.

L'industrie de la dorure fabrique des feuilles d'or tellement minces, qu'il faudrait en superposer 10,000 pour former une épaisseur d'un millimètre: dans cet état de division extrême, l'or transmet une lumière verte. L'argent déposé par des procédés chimiques sur une lame de verre laisse passer une lumière bleue; le cuivre, le platine, se comportent d'une manière analogue. On peut donc poser comme une loi générale que tous les corps deviennent transparents sous une faible épaisseur, variable avec leur nature, et que les rayons qu'ils transmettent sont toujours plus ou moins colorés.

A côté de ces particularités, il en est une autre[1] digne d'être signalée: les corps perméables à la lumière le sont de deux manières bien tranchées. En faisant abstraction des[2] modifications apportées dans l'intensité ou la coloration, nous voyons les objets au travers d'une lame de verre comme si cette lame n'existait pas; remplaçons-la par une feuille de papier aussi mince qu'on puisse[3] la supposer, le phénomène change complètement d'aspect. Nous recevons encore de la lumière par transparence, mais il nous est impossible de distinguer les objets placés du côté opposé. Les rayons lumineux sont, pour ainsi dire, confondus dans un pêle-mêle inextricable; à la sensation de la forme succède seulement celle de la clarté.

Beaucoup de substances se comportent comme cette feuille de papier, on les désigne sous le nom de translucides; telles sont la porcelaine, le bois, la corne, l'albâtre, le verre dépoli. Cette propriété dépend uniquement

de la structure intérieure ou de l'état des surfaces qui reçoivent la lumière ; il existe d'ailleurs, comme pour la transparence, tous les degrés possibles de translucidité, de sorte que les mots opaque, translucide, transparent, indiquent simplement des caractères relatifs et non des propriétés absolues de la matière. Cette distinction n'en a pas moins une importance capitale au point de vue de l'étude de la lumière. Nous nous bornerons pour le moment à étudier les phénomènes tels qu'ils se produisent dans l'air, notre milieu naturel.

Si l'on interpose un écran opaque entre l'œil et une source lumineuse, celle-ci cesse de devenir visible, et en apportant quelque attention à cette expérience bien simple, on reconnaît sans peine que l'éclipse se produit au moment où le point lumineux, l'œil et l'écran sont placés sur une même ligne droite.

L'observation de tous les jours met ce fait tellement en évidence, qu'il paraîtra presque puéril de le voir rappeler ici ; il est cependant fertile en conséquences et il nous servira à expliquer de nombreux phénomènes. Ce mode de propagation en ligne droite nous rend compte d'une expression que nous employons très souvent, celle de rayon de lumière ; ce mot désigne simplement une direction, il s'applique à toutes les lignes droites imaginables passant par la source lumineuse ; mais il faudrait se garder d'attribuer à ces prétendus rayons une existence réelle, une individualité propre.

Dans ces admirables couchers de soleil qui forment un des plus saisissants spectacles de la nature, l'astre semble darder, il est vrai, dans toutes les directions des rayons aux plus vives couleurs, mais cette apparence grandiose a son origine dans notre atmosphère ; ces

brillantes traînées lumineuses n'ont d'autre cause que[1] l'illumination de légers brouillards par la lumière tamisée à travers les nuages.

La conséquence la plus immédiate de cette propagation rectiligne est la production des ombres que les corps opaques projettent derrière eux. La lumière étant incapable de contourner les obstacles, il en résulte nécessairement que tout corps opaque placé devant une source lumineuse plongera dans une obscurité complète une portion de l'espace situé derrière lui. Considérons, par exemple, un point éclairant de très petite dimension, tel qu'une bougie, et une sphère opaque placée sur le trajet de ses rayons: celle-ci, vivement illuminée sur l'une de ses moitiés, sera complètement obscure du côté opposé; derrière elle se projettera une ombre conique à contours nettement dessinés et d'autant plus étalée que le corps opaque sera plus voisin du point lumineux.

Les choses se passent ordinairement d'une manière un peu différente. Il n'existe pas, à proprement parler,[2] de sources lumineuses réductibles à un point mathématique; elles ont toujours une certaine étendue. Le soleil lui-même, malgré son énorme éloignement, possède encore un diamètre apparent égal à 32 minutes. Il se comporte donc comme une surface éclairante qui, à une distance quelconque, aurait ce diamètre apparent; à 10 mètres seulement un pareil corps lumineux aurait un diamètre réel égal à 45 millimètres environ. Il est facile de voir comment les ombres se modifient dans de semblables conditions.

Au point unique de l'expérience précédente substituons une surface lumineuse d'une certaine étendue, telle qu'une lampe entourée d'un globe de verre dépoli; on

pourra considérer chacun des points de cette surface comme une source indépendante, et rien n'est plus facile que de construire pour chacun d'eux le cône d'ombre correspondant. On voit immédiatement que, tandis que la portion centrale de l'ombre ne reçoit aucun rayon de la surface éclairante, les portions voisines sont faiblement illuminées ; cette illumination va graduellement en augmentant jusque sur le cercle extérieur, au delà duquel l'éclairement est complet. L'espace annulaire compris entre ces deux cercles reçoit donc des quantités croissantes de lumière : on dit qu'il est dans la *pénombre*.

Ce fait nous explique pourquoi les ombres projetées par le soleil sont toujours plus ou moins vagues et indécises. La toiture d'un monument élevé ne dessine pas sur le sol une silhouette sèche et dure, ses contours estompés lui donnent une douceur harmonieuse, due à la présence de la pénombre.

Les ombres jouent, au point de vue pittoresque, un rôle d'une très grande importance : sans elles le paysage nous semblerait sans relief, les objets ne se dessineraient que par leurs contours, souvent même ils ne seraient distincts les uns des autres que par la différence de leur coloration. Tout le monde sait, d'ailleurs, combien un dessin ombré donne une idée plus nette d'un objet qu'un simple trait ; combien l'éclairage du lever et du coucher du soleil fait mieux valoir[1] les beautés d'un paysage que l'éclairage de midi, surtout lorsqu'on est sur une hauteur. Cela ne tient pas seulement à la richesse plus grande des tons que donne le soleil lorsqu'il est près de l'horizon : la richesse plus grande des ombres fait mieux ressortir le modelé du terrain. En effet, peu de pentes sont assez rapides pour ne pas recevoir la

lumière directe du soleil lorsqu'il est haut dans le ciel. Aussi, à peu d'exceptions près,[1] tous les objets sont-ils éclairés vers le milieu du jour, et les ombres sont alors peu nombreuses; par suite, les formes des montagnes et des vallées ressortent très mal, tant qu'elles ne sont pas[2] très abruptes. Lorsque, au contraire, le soleil envoie des rayons obliques et donne beaucoup d'alternatives d'ombre et de lumière, tout devient bien plus net et plus compréhensible. L'art de bien ménager des lumières et des ombres constitue pour le peintre le plus puissant moyen de donner de la vie à ses œuvres; l'exactitude des contours est loin de suffire pour nous donner une image saisissante de la nature: elle constitue, il est vrai, une des grandes qualités de l'artiste, mais avant tout il se préoccupe de l'effet général de son tableau, qu'une étude profonde du *clair-obscur* est seule capable d'animer.

A la formation des ombres se rattache un groupe de phénomènes météorologiques, dont quelques-uns, mal observés, ont servi de point de départ aux croyances superstitieuses des populations ignorantes. Dans les conditions ordinaires où nous observons la nature, les ombres des objets terrestres nous apparaissent toujours à la surface du sol, et d'autant plus allongées que le soleil est plus voisin de l'horizon; mais le phénomène change d'aspect pour un observateur placé sur une montagne élevée. Au moment du lever ou du coucher du soleil l'ombre de la montagne se dirigera vers le ciel, et l'atmosphère, transformée sous certaines influences en un écran gigantesque, recevra son image amplifiée. Cet imposant spectacle a été observé par MM. Martins et Bravais,[3] dans une de leurs ascensions au sommet du mont Blanc. Voici la description qu'en donne M. Bravais:

« Le soleil approchant de l'heure de son coucher, nous jetâmes les yeux du côté opposé à l'astre, et nous aperçûmes, non sans quelque étonnement, l'ombre du mont Blanc qui se dessinait sur les parties couvertes de neige de la partie est de notre panorama. Elle s'éleva graduellement dans l'atmosphère, où elle atteignit la hauteur d'un degré, restant encore parfaitement visible.

« L'air, au-dessus du cône d'ombre, était teint de ce rose pourpre que l'on voit, dans les beaux couchers de soleil, colorer les hautes cimes ; le bord de cette limite offrait une zone plus intense, et cette bordure continue rehaussait l'éclat du phénomène.

« Que l'on imagine maintenant les montagnes de la grande vallée d'Aoste[1] projetant, elles aussi, à ce même moment, leur ombre dans l'atmosphère, la partie inférieure sombre avec un peu de verdâtre, et au-dessus de chacune de ces ombres la nappe rose purpurine avec la ceinture rose foncée qui la séparait d'elle ; que l'on ajoute à cela la rectitude du contour des cônes d'ombre, principalement de leur arête supérieure, et enfin les lois de la perspective faisant converger toutes ces lignes l'une sur l'autre, vers le sommet même de l'ombre du mont Blanc, c'est-à-dire au point du ciel où les ombres de nos corps devaient être placées, et l'on n'aura encore qu'une idée incomplète de la richesse de phénomènes météorologiques qui se déploya pour nous pendant quelques instants.»

Il faut rapporter à la même cause l'apparition, devenue légendaire, des *spectres du Brocken.* Nous empruntons à M. Brewster[2] les détails suivants, relatifs à cette singulière apparition. « Brocken est le nom de la plus haute montagne du Hartz,[3] chaîne pittoresque qui s'étend

dans le royaume de Hanovre.[1] Elle est élevée de mille mètres environ au-dessus de la mer, et domine une plaine de soixante-dix lieues d'étendue. Depuis l'époque la plus reculée, le Brocken a été le siège du merveilleux : sur son sommet, l'on voit encore des blocs grossiers de granit, que l'on appelle la chaire et l'autel du sorcier. Une source d'eau pure a reçu le nom de fontaine magique, et l'anémone qui croît sur le Brocken se distingue par le nom de fleur du sorcier. Ces noms ont probablement leur origine dans les rites de la grande idole Cortho, que les Saxons adoraient en secret sur le sommet du Brocken, tandis que le christianisme étendait ses bienfaits sur la plaine environnante.

« Comme lieu de ces rites idolâtres, le Brocken doit avoir été très fréquenté, et l'on ne peut douter que le spectre qui se montre si souvent encore à son sommet n'ait été observé dans les temps les plus reculés ; mais rien n'indique que ce phénomène fut lié avec aucun des objets du culte de ces idolâtres. L'une des meilleures relations du spectre du Brocken est celle donnée par M. Hane, qui le vit le 23 mars 1797. Après être allé jusqu'à trois fois sur le sommet de la montagne, il eut enfin le bonheur de voir le spectre, objet de sa curiosité.

« Le soleil se leva sur les quatre heures[2] du matin, dans une atmosphère sereine. Au sud-ouest, vers Achtermannshöhe,[3] une légère brise d'ouest amena devant lui des vapeurs transparentes, qui n'avaient pas encore été condensées en nuages épais et pesants. Vers quatre heures un quart, il revenait à l'auberge et regardait si l'atmosphère lui permettait de regarder librement au sud-ouest, quand il aperçut, à une très grande distance, une figure humaine de grandeur monstrueuse ; un coup de

vent ayant presque emporté son chapeau, il éleva brusquement la main pour le retenir, et la figure colossale en fit de même.[1] De suite il fit un nouveau mouvement, en penchant le corps, le même mouvement fut répété par le spectre. M. Hane désirait faire d'autres expériences, mais le spectre disparut. Il resta cependant dans la même position, attendant son retour, et peu de minutes après, il le retrouva sur Achtermannshöhe, répétant ses gestes comme ci-devant. Il appela alors le maître de l'auberge, et tous deux, ayant pris la même position qu'il avait avant, regardèrent vers Achtermannshöhe, mais ils ne virent rien. Peu de temps après deux figures colossales se formèrent au-dessus de cette éminence, et disparurent après avoir imité les gestes des deux spectateurs.»

La propagation rectiligne de la lumière donne lieu à un autre phénomène dont nous devons dire un mot; il n'est en quelque sorte qu'un renversement de la production des ombres. Dans le volet d'une chambre obscure perçons un trou de quelques millimètres de diamètre, d'une forme quelconque: un étrange spectacle se manifeste alors à nos regards. Tous les objets extérieurs se dessinent avec leur forme et leur couleur sur le mur opposé, en produisant une image d'autant plus nette que l'ouverture est plus étroite: cette image est renversée, ses dimensions dépendent de la distance relative de l'écran qui le reçoit et de l'objet qui la dessine. On remarque de plus que la forme de l'ouverture est sans influence sur le phénomène.

L'explication de ces faits est des plus simples. Chacun des points d'un objet éclairé peut être considéré comme une source de lumière envoyant des rayons dans toutes

les directions. Une partie de ces rayons, pénétrant par l'ouverture, continuera sa route en ligne droite jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés[1] par un obstacle. Là ils peindront une tache lumineuse d'autant plus petite que l'ouverture sera plus étroite. Chacun des points de l'objet se comportant de la même façon, il en résultera une série continue de taches lumineuses, dont l'ensemble reproduira la forme et les couleurs de l'objet éclairé. On comprend sans peine pourquoi cette image est renversée et pourquoi la forme de l'ouverture n'a aucune influence sur sa production.

La nature nous offre tous les jours des exemples de cette formation d'images par des ouvertures étroites; citons seulement la suivante: quand la lumière directe du soleil passe à travers les feuilles des arbres d'un jardin, elle dessine sur le sol des images rondes ou elliptiques, qui sont autant de reproductions de la forme du disque solaire. Leur apparence elliptique tient simplement à l'inclinaison du sol par rapport aux rayons de l'astre: elles sont toujours circulaires quand on les reçoit sur un écran perpendiculaire à cette direction. Pendant les éclipses de soleil, la forme de ces images se modifie en même temps que celle du disque lumineux dont elles reproduisent toutes les variations; elles permettent, à la rigueur, de suivre toutes les phases du phénomène. Un simple trou d'épingle percé dans une carte réalise plus simplement encore les conditions de cette expérience.

Pour terminer cet exposé rapide des faits qui se rattachent à la propagation de la lumière, il nous reste à examiner une question dont la solution présente le plus haut intérêt. Lorsqu'une source de lumière prend naissance sous une influence quelconque, ressentons-nous

l'impression lumineuse à l'instant même de son apparition, ou bien ses rayons mettent-ils un temps déterminé pour parvenir jusqu'à notre œil? Voyons-nous, par exemple, le soleil dès qu'il se lève à l'horizon, ou bien sa lumière emploie-t-elle un temps appréciable pour franchir les millions de lieues qui nous séparent de cet astre? Les anciens philosophes, mal initiés à l'observation des phénomènes naturels, admettaient l'instantanéité de la transmission de la lumière; cependant l'analogie seule aurait dû leur faire[1] pressentir la fausseté de cette hypothèse. Ils n'ignoraient pas que le son emploie un certain temps pour se propager du corps sonore à notre oreille; cette seule donnée était de nature à leur faire entrevoir la vérité.

La solution expérimentale d'un pareil problème présentait, il faut le reconnaître, des difficultés presque insurmontables; elle exigeait des connaissances nombreuses pour aboutir à un résultat utile; aussi faut-il arriver jusqu'au dix-septième siècle pour voir quelques essais tentés dans cette direction; encore sont-ils restés complètement infructueux. Galilée, qui semble s'être occupé le premier de[2] la question arriva à cette conclusion: que la lumière parcourt dans un instant indivisible les distances les plus grandes auxquelles on peut réaliser l'expérience.

La question restait sans solution, lorsque, en 1675, un astronome danois, Rœmer,[3] frappé de discordances singulières entre l'observation et le calcul de certains phénomènes astronomiques, n'hésita pas à les expliquer par le temps employé par la lumière pour parcourir l'espace. Bien que, d'après Fontenelle,[4] la première idée de cette explication ait été émise par Cassini,[5] il n'est pas dou-

teux que le savant français n'ait bientôt abandonné son hypothèse; reprise par Rœmer, elle prit rang au nombre des vérités indiscutables.

En analysant ses observations sur les éclipses d'un des satellites de Jupiter,[1] l'astronome danois montra que les irrégularités observées entre la durée des deux émersions successives de ce satellite étaient liées à la position relative de la terre et de Jupiter, et il les expliqua par le temps que met la lumière à franchir l'espace parcouru par la terre dans son orbite, dans l'intervalle des observations. Il fut ainsi conduit à attribuer à la lumière une vitesse de 77,000 lieues de 4 kilomètres par seconde.

L'imagination a quelque peine à se rendre compte de l'effrayante rapidité d'une semblable propagation: une comparaison ne sera pas inutile pour faire ressortir ce qu'il y a de prodigieux dans une pareille vitesse. Les observations astronomiques ont déterminé avec précision la distance qui sépare les uns des autres les astres de notre système planétaire. Il résulte de ces observations que la distance moyenne du soleil à la terre est de 38 millions de lieues. Ce nombre est encore trop prodigieusement grand pour parler avec netteté à notre esprit; il est nécessaire, pour s'en faire une idée,[2] de le comparer à des quantités dont on soit plus habitué à se rendre compte; le rapprochement suivant, emprunté à Arago,[3] va nous aider à concevoir une distance aussi colossale.

« On sait qu'un boulet de 24[4] parcourt tout au plus 400 mètres par seconde, à sa sortie d'une bouche à feu.[5] Cette vitesse correspond à 4000 mètres en 10 secondes, à 6 lieues par minute, à 360 lieues par heure, à 8640 lieues par jour, à 3,155,760 lieues par an, à 37,870,000 lieues en 12 ans. Il faudrait donc plus de 12 ans à un

boulet qui conserverait toute sa vitesse initiale pour franchir les 38 millions de lieues qui mesurent la distance moyenne de la terre au soleil. Un semblable boulet n'emploierait pas moins de 360 années pour aller du soleil à Neptune; mais il arriverait de la terre à la lune en 11 jours.»

Ces énormes distances, que l'imagination a de la peine à concevoir, sont presque insignifiantes, quand on les oppose à la rapidité de propagation de la lumière: 8 minutes et quelques secondes lui suffisent pour parcourir les 38 millions de lieues qui nous séparent du soleil; elle ne met guère plus d'une seconde pour voyager de la lune à la terre. Que penser de la notion que nous avons du temps et de l'espace, si l'on cherche à se faire une idée de la position des étoiles relativement à notre globe? La lumière ne met pas moins de 3 à 4 ans pour nous arriver des étoiles les plus rapprochées. Sirius[1] met plus de 22 ans à nous envoyer ses rayons. L'étoile polaire n'en met pas moins de 50, et la Chèvre,[2] éloignée de nous de 165,400 milliards de lieues, ne nous envoie qu'en 72 ans la lumière qu'elle émet.

Ainsi, l'étoile polaire viendrait à s'éteindre[3] subitement, nous la verrions briller encore pendant un demi-siècle, grâce aux rayons qui seraient en route au moment de son extinction. De même, un astre nouveau apparaitrait à côté d'elle, ce n'est qu'au bout de 50 ans qu'il serait permis aux astronomes d'en commencer l'étude. Si l'on considère ces myriades d'étoiles télescopiques dont le nombre augmente sans cesse avec la puissance des appareils grossissants, on est conduit à admettre que la distance qui nous sépare de ces astres est égale à plusieurs millions de fois celle des étoiles les plus rappro-

chées de nous. C'est alors par siècles ou par milliers d'années qu'il faut compter le temps nécessaire à la lumière pour nous parvenir de ces foyers lumineux.

On pourrait conserver quelques doutes sur les résultats précédents, si des observations directes n'avaient confirmé les données de l'astronomie. Plus heureux que Galilée, un savant français, M. Fizeau,[1] parvint en 1849 à déterminer la vitesse de la lumière par des expériences faites sur la terre à des distances relativement faibles. Plus tard, en 1862, Léon Foucault,[2] reprenant cette étude, est parvenu à réaliser des expériences de la plus rigoureuse précision dans un laboratoire de quelques mètres de longueur. Chose remarquable, les résultats obtenus par des moyens si différents présentent entre eux une remarquable concordance. La vitesse de la lumière déduite des calculs de Rœmer serait de 77,076 lieues par seconde. Fizeau élevait ce chiffre à 78,841 lieues, tandis que les expériences plus précises encore de Foucault l'abaissent à 74,500 lieues. Enfin, plus récemment encore un autre physicien français, M. Cornu,[3] contrôlait, en perfectionnant la méthode de Fizeau, l'exactitude du nombre trouvé par Foucault.

On est tenté d'être surpris en voyant les savants s'acharner pendant des siècles avec une telle persévérance à la solution d'un problème dont l'intérêt semble confiné dans le domaine des pures spéculations, mais tout se tient dans l'étude de la nature. Les progrès accomplis dans une des branches de la science se reflètent toujours sur les sciences voisines : toutes grandissent et se perfectionnent en même temps, tous[4] se prêtent un mutuel secours.

La première évaluation de Rœmer supposait une con-

naissance précise de la distance de la terre au soleil; après cette découverte, les astronomes comprirent aussitôt qu'une détermination directe et rigoureuse de la vitesse de la lumière était indispensable pour asseoir sur des bases solides cette donnée fondamentale de l'astronomie. La physique se charge alors de leur répondre et les résultats de ses recherches font disparaître les incertitudes qui régnaient sur les points les plus importants de la science. Les expériences de Foucault assignent à la distance moyenne du soleil à la terre une valeur moindre d'un trentième environ de[1] celle qui était généralement adoptée; enfin, les dernières observations du passage de Vénus[2] viennent de contrôler à leur tour les données de la physique. Ainsi s'est trouvé résolu, par les efforts combinés des astronomes et des physiciens, un des plus difficiles problèmes qui se soit jamais présenté à l'intelligence de l'homme.

XXII. LA LUMIÈRE ET LA VIE

Les poètes de tous les âges ont admis instinctivement une intime corrélation entre la lumière et la vie. Leur imagination pouvait-elle longtemps méconnaître ce saisissant contraste que nous offre la nature vivement illuminée des contrées tropicales, comparée à la triste monotonie des sombres régions polaires? D'un côté une luxuriante végétation, des arbres gigantesques, des fleurs aux brillantes corolles exhalant de suaves parfums, des oiseaux au plumage éclatant, des milliers d'animaux enfin se disputant leur place sur cette terre privilégiée; de l'autre, une flore pauvre et languissante, quelques

humbles végétaux rampant à la surface du sol, de rares animaux pâles et indolents, oubliés par la nature dans ces régions désertes. Depuis l'origine du monde, la lumière, dit Büchner,[1] est restée la compagne assidue de la vie. Ce que pressent le sentiment du poète, l'œil du naturaliste le reconnaît et le voit, et la science, qui travaille et cherche toujours, affirme comme une incontestable vérité ce qui, pendant longtemps, a été une simple intuition.

Les premières observations sérieuses relatives à cette question datent d'un siècle ou environ. Bonnet,[2] Priestley,[3] Ingenhousz,[4] firent tour à tour à cet égard d'importantes découvertes ; leurs recherches incomplètes avaient à peine pris rang dans la science, que[5] le génie de Lavoisier[6] leur assignait leur véritable caractère. « Les expériences qui ont été faites sur la végétation, dit-il, donnent lieu de croire que la lumière se combine avec quelques parties des plantes, et que c'est à cette combinaison qu'est due la couleur verte des feuilles et la diversité de couleur des fleurs. Il est au moins certain que les plantes qui croissent dans l'obscurité sont étiolées, et qu'elles sont absolument blanches ; qu'elles sont dans un état de langueur et de souffrance, et qu'elles ont besoin, pour reprendre leur vigueur naturelle et pour se colorer, de l'influence immédiate de la lumière.

« On observe quelque chose de semblable sur les animaux eux-mêmes ; les hommes, les femmes, les enfants s'étiolent jusqu'à un certain point dans les travaux sédentaires des manufactures, dans les logements resserrés, dans les rues étroites des villes. Ils se développent au contraire et acquièrent plus de force et de vie dans la plu-

part des occupations champêtres et dans les travaux qui se font en plein air.

« L'organisation, le sentiment, le mouvement spontané, la vie, n'existent qu'à la surface de la terre et dans les lieux exposés à la lumière. On dirait que la fable du flambeau de Prométhée[1] était l'expression d'une vérité philosophique qui n'avait point échappé aux anciens. Sans la lumière la nature était sans vie, elle était morte et inanimée ; un Dieu bienfaisant, en apportant la lumière, a répandu sur la surface de la terre l'organisation, le sentiment et la pensée.»

La vie végétale est liée à l'action de la lumière par des connexions beaucoup plus étroites que la vie animale. L'homme peut à la rigueur se passer de lumière sans souffrir de cette privation d'une manière dangereuse. Bien des industries condamnent leurs ouvriers à passer la plus grande partie de leur vie dans des lieux que le soleil ne visite jamais, et cependant il n'est pas rare de trouver chez ces ouvriers, aussi bien que chez les vigoureux paysans de nos campagnes, de véritables types athlétiques, lorsque l'intempérance et la débauche ne viennent pas ébranler leur santé.

Il ne faudrait pas conclure de là que la lumière soit absolument inutile à l'évolution de la vie animale ; elle joue, au contraire, un rôle d'une haute importance et qui ne saurait être méconnu, mais elle intervient dans bien des cas d'une manière pour ainsi dire secondaire, et cela d'autant plus que l'être vivant occupe un rang plus élevé dans l'échelle zoologique. Pour les végétaux, au contraire, la lumière est la cause première de leur existence. Soustraites à cet agent d'une nécessité absolue, les plantes s'étiolent et meurent d'inanition, comme un animal privé de nourriture.

Priestley fit le premier une observation d'un intérêt fondamental: ayant exposé aux rayons du soleil un vase de verre rempli d'eau pure, il vit, au bout de quelques jours, le fond du vase se recouvrir d'une vase verte, tandis que la même eau, conservée dans l'obscurité, restait limpide sans donner lieu à aucune production colorée. Cette vase, désignée souvent encore aujourd'hui sous le nom de *matière verte de Priestley,* offre à l'œil du micrographe le plus merveilleux spectacle: elle est formée de tout un petit monde d'êtres infiniment petits. Les uns, immobiles, possèdent tous les attributs de la végétation, d'autres s'agitent dans le liquide, comme le feraient des êtres animés. A vrai dire, il serait bien difficile de se prononcer sur leur nature d'après ces simples apparences, tant les deux règnes tendent à se confondre à l'origine dans leurs représentants les plus rudimentaires. Peu nous importe pour le moment;[1] animaux ou végétaux, leurs germes, disséminés dans l'air ou nageant au sein de l'eau, viennent de recevoir de la lumière l'impulsion indispensable à leur évolution.

Une fois développés, ces êtres microscopiques conservent avec la lumière d'incessantes relations, mais en même temps s'accentue leur manière de vivre selon le groupe auquel ils appartiennent. C'est surtout dans leurs rapports avec l'atmosphère que l'on voit se dessiner des différences caractéristiques; ils vivent tous à ses dépens; ils puisent parmi ses éléments la source de la vie, et cependant ils exercent sur cette atmosphère des actions diamétralement opposées. Ce que fait l'animal, le végétal le détruit, ce qui est nuisible à l'un devient pour l'autre l'agent vivifiant, et, au milieu de ces transformations continuelles, la matière subit, en devenant vivante, les

lois que lui imposent la chaleur et la lumière émanées du soleil.

Les animaux consomment, dans l'acte respiratoire, d'énormes quantités d'oxygène. Ce gaz, introduit dans le sang par l'intermédiaire des poumons, s'y combine avec ses matériaux et se transforme finalement en eau et en acide carbonique qui sont exhalés dans l'atmosphère. Il y a là un échange continuel de produits gazeux dont la conséquence est de diminuer sans cesse la proportion de l'oxygène de l'air et d'augmenter, dans le même rapport, celle de l'acide carbonique. Remarquons, en passant, que ce dernier gaz est impropre à la respiration et qu'une atmosphère devient mortelle pour l'homme et les animaux dès qu'elle en contient plus de quelques centièmes.

Les végétaux ont avec l'atmosphère des relations beaucoup plus compliquées. Priestley observa le premier, en 1772, un fait du plus haut intérêt, qui fit une immense sensation à l'époque de sa découverte: de nombreuses expériences lui permirent d'affirmer que les plantes, loin de vicier l'air comme le font les animaux, sont au contraire capables de le purifier et de lui rendre ses propriétés primitives, quand il a été altéré par la respiration. Il n'hésita pas à voir dans ces actions opposées des plantes et des animaux la cause la plus puissante de l'homogénéité permanente de l'atmosphère. Mais l'observation de Priestley reste isolée; s'il en prévoit les conséquences, il s'inquiète peu de l'origine du phénomène; la gloire de compléter cette découverte était réservée à un savant hollandais, Ingenhousz, qui démontra que la lumière est l'agent indispensable de cette purification.

Voici une expérience bien simple, facile à réaliser,

résumant celles d'Ingenhousz et de ses devanciers. Dans un grand flacon de verre rempli d'eau ordinaire, ou mieux d'une faible dissolution d'acide carbonique, on introduit des feuilles vertes; un tube recourbé, ajusté sur le goulot du flacon, permet de recueillir sous une cloche les gaz qui peuvent se dégager.

L'appareil est-il exposé aux rayons du soleil, on voit aussitôt se former, à la surface des feuilles, de fines bulles, semblables à des perles, qui ne tardent pas à s'élever au sein du liquide et à se réunir dans la cloche; mais dès que la lumière cesse d'agir, tout dégagement gazeux s'arrête.

On peut ainsi, en plaçant alternativement l'appareil à l'ombre ou au soleil, provoquer ou interrompre à volonté le développement des bulles gazeuses. Quant au gaz recueilli sous la cloche pendant l'action des rayons solaires, il est aisé d'en reconnaître la nature: il rallume une allumette présentant un point en ignition; c'est là une des propriétés caractéristiques de l'oxygène.

Cette expérience, variée de mille manières, donne toujours les mêmes résultats: elle réussit aussi bien dans l'air que dans l'eau, avec toutes les espèces de végétaux, pourvu qu'on opère sur des parties vertes. Ainsi, sous l'influence de la lumière, la végétation verse toujours dans l'atmosphère d'énormes quantités d'oxygène; mais d'où vient ce gaz? Il n'est évidemment pas créé par la plante, et puisqu'il constitue une matière simple, il ne peut provenir que de la destruction d'un corps composé oxygéné. Senebier,[1] pasteur à Genève,[2] a définitivement résolu le problème en montrant que l'acide carbonique de l'air est la matière première d'où dérive cet oxygène. Après lui, bien des savants ont étudié la question sous

toutes ces faces, et leurs recherches ont mis hors de doute l'affirmation de Senebier.

L'acide carbonique, si réfractaire aux agents de nos laboratoires, se dissocie en ses deux éléments sous l'influence d'une chétive feuille, aidée par l'action de la lumière ; l'oxygène est rendu à l'atmosphère ; quant au carbone, il pénètre dans le végétal dont il forme pour ainsi dire la charpente. Le bois, la sève, les gommes, les essences odorantes, ces mille produits que les plantes nous fournissent à profusion, ont au nombre de leurs éléments fondamentaux ce même carbone que les animaux rejettent par leurs organes respiratoires, et cette circulation continue de la matière est l'œuvre des rayons du soleil.

Est-il rien de plus[1] admirable que cette étroite solidarité, unissant par des liens intimes toutes les créations de la nature ? Isolés à la surface du globe, la plante comme l'animal finiraient par épuiser tôt ou tard l'abondante source de vie répandue autour d'eux, mais leurs actions opposées se contrebalancent sans cesse et conservent à l'atmosphère ses propriétés vivifiantes. Remarquons enfin que le règne animal tout entier emprunte aux végétaux sa nourriture ; ces aliments, la plante les prépare avec la collaboration de la lumière, de sorte que la vie des animaux est elle-même sous la dépendance absolue de la radiation solaire.

On devait se demander[2] si les rayons de diverses couleurs intervenaient pour une égale part dans ces phénomènes physiologiques. La décomposition de l'acide carbonique par les feuilles semble, en effet, jusqu'à un certain point, comparable aux actions chimiques exercées par la lumière sur la plupart des substances photogé-

niques ;[1] on pouvait donc attribuer, *a priori*,[2] aux rayons bleus et violets une influence prépondérante.

L'expérience a montré cependant que les choses se passent d'une manière toute différente : contrairement à la prévision, les rayons jaunes et orangés semblent avoir le privilège exclusif d'effectuer cette décomposition, tandis que la lumière violette ou bleue est inactive comme l'obscurité. Ce fait est aujourd'hui confirmé par de nombreuses recherches ; ne pourrait-il pas servir à comprendre cette végétation frêle et languissante qu'on observe à l'ombre des forêts ? Déjà affaiblie par son passage à travers les feuilles, l'activité de la lumière est encore diminuée par ses nombreuses réflexions sur des surfaces vertes.

Telle est, dans ses traits les plus essentiels, le rôle immense que la lumière exerce sur la vie des plantes ; mais là ne se borne pas son influence : si on pénètre dans les détails, on la voit intervenir dans toutes les phases de leur développement et accomplir mille actions des plus remarquables. Toutes les couleurs dont se parent les végétaux, depuis la fraîche verdure de leur feuillage jusqu'à l'éblouissant éclat de leurs corolles, ont avec les rayons lumineux les rapports les plus intimes. Placée dans un lieu obscur, une plante pousse des rameaux pâles et décolorés ; ses fleurs, si elle a la force d'en produire, sont rabougries et sans éclat. Qu'on lui rende au contraire l'excitation bienfaisante du soleil, elle renaît aussitôt ; à cette langueur maladive succède la vigueur de la santé, les feuilles puisent dans ce bain de lumière l'aliment de leur couleur, et les fleurs ne tardent pas à revêtir leur riche livrée.

Ce qui est vrai des couleurs l'est aussi des saveurs et

des parfums. Les fruits les plus savoureux, les condiments aromatiques, les substances à odeurs vives, nous viennent des régions du globe que le soleil inonde de ses rayons. La végétation des montagnes ou des lieux très éclairés donne des produits mieux élaborés que celle des plaines ou des endroits obscurs. L'agriculture a, de temps immémorial, tiré instinctivement profit de cette activité de la lumière pour modifier à son gré les végétaux destinés à nous servir d'aliments.

Tantôt le jardinier étale en espalier les branches de ses arbres dans le but d'utiliser le moindre rayon de soleil; d'autres fois il enfouit dans le sol ou recouvre d'abris opaques les plantes dont il veut atténuer la saveur trop prononcée. Souvent même il parvient, par la culture, à modifier les propriétés naturelles d'une espèce végétale et à l'approprier ainsi aux exigences de nos goûts et de nos caprices. Dans un grand nombre de plantes potagères, par exemple, telles que les diverses variétés de choux, certaines salades, etc., un développement exubérant des feuilles protège les parties centrales contre l'action de la lumière; de là résulte un étiolement, un véritable état pathologique qui les rend propres à notre alimentation.

Il est un autre mode d'action de la lumière qui ne pouvait échapper à l'attention des poètes, encore moins à celle des naturalistes: dans toutes ses manifestations, la vie des plantes trahit un amour instinctif pour la lumière; le végétal semble la chercher et la suivre dès que la clarté du jour succède aux ténèbres de la nuit.

Les noms de tournesol,[1] d'héliotrope,[2] rappellent les curieuses facultés que possèdent certaines fleurs de suivre le soleil dans sa marche diurne. Beaucoup d'espèces

végétales présentent à des degrés divers cette singulière propriété, mais il n'en est pas de[1] plus remarquable sous ce rapport que le grand soleil (*Helianthus annuus*),[2] devenu célèbre par la régularité de ses mouvements. Ses larges têtes fleuries s'inclinent vers l'orient le matin, dès le lever de l'astre, et le regardent toujours en face[3] jusqu'à ce qu'il disparaisse à l'occident.

Ces mouvements mécaniques sont plus surprenants encore quand on examine individuellement les divers organes des végétaux. Tout le monde connaît cette gracieuse petite plante à qui son extrême irritabilité a valu le nom de *sensitive*. Ses folioles, largement étalées au soleil, ne peuvent souffrir le moindre attouchement sans réagir vivement contre la cause qui trouble leur repos; elles se ferment brusquement comme pour témoigner de leur inquiétude et s'ouvrent lentement quelques instants après, lorsque le calme s'est rétabli autour d'elles.

Ces mouvements ne sont pas l'œuvre exclusive des excitations mécaniques, l'obscurité les produit avec tout autant d'énergie et d'une manière plus durable. La sensitive s'endort aussitôt que le soleil s'abaisse à l'horizon; ses pétioles rabattus sur la tige, ses folioles pressées l'une vers l'autre lui donnent l'aspect d'une herbe à moitié desséchée, mais dès que le jour reparaît, elle s'éveille, s'épanouit de nouveau et semble renaître à la vie.

La lumière artificielle se comporte à cet égard comme la clarté du jour, pourvu qu'elle soit assez intense; on parvient même aisément à changer les habitudes de la plante en la plaçant dans une pièce obscure, éclairée pendant la nuit seulement. Elle se fait en peu de temps

à ce nouveau régime ; on la voit alors ouvrir ses feuilles le soir et les fermer le matin quand commence pour elle cette nuit artificielle.

Le sommeil des feuilles est un phénomène très commun chez les végétaux, bien qu'il soit rarement aussi accentué que dans la sensitive. La plupart des plantes de la famille des légumineuses en fournissent des exemples ; on peut l'observer journellement dans les acacias de nos jardins, sur les trèfles, les mélilots, etc. Toutefois ces mouvements n'ont rien de constant dans leur direction ; on constate, au contraire, chez ces diverses plantes, toutes les variétés imaginables. Tantôt les feuilles s'abaissent ou se couchent sur la tige, d'autres fois elles se relèvent et l'enveloppent ; dans certains cas les folioles tournent l'une vers l'autre leur face supérieure, dans d'autres elles s'affaissent sur le pétiole et se regardent dos à dos.[1]

Les fleurs ont, comme les feuilles, leurs heures de veille et de sommeil ; mais ici, l'on observe des effets de la plus étrange diversité. Si un grand nombre de plantes fleurissent indistinctement à toute heure du jour et paraissent indifférentes sous ce rapport à l'intensité de la lumière, il en est d'autres dont les corolles s'épanouissent à des heures à peu près fixes, et sur lesquelles la hauteur du soleil exerce certainement une large influence.

Tantôt la fleur s'ouvre aux premiers rayons de l'aurore et se referme le soir ; puis, après le repos de la nuit, elle s'étale de nouveau et recommence pendant plusieurs jours ces alternatives de veille et de sommeil. D'autres, comme le liseron, la belle-de-nuit, étalent leur élégante corolle à la tombée de la nuit et se flétrissent

pour toujours aux premières atteintes de la lumière; d'autres enfin s'épanouissent à heure presque fixe, et l'heure de leur réveil semble déterminée par la nature.

Linné[1] avait groupé un certain nombre de plantes d'après les heures auxquelles s'épanouissent leurs fleurs et formé ce qu'il appelait l'*horloge de Flore.*[2] Il est presque inutile d'ajouter qu'il ne peut rien y avoir d'absolu[3] et d'invariable dans ces propriétés encore inexpliquées. En admettant même un rapport constant entre l'intensité lumineuse et le moment de la floraison, il est facile de voir que l'horloge de Linné devra avoir une marche particulière pour chaque climat. Telle fleur qui s'épanouit au Sénégal[4] dès six heures du matin sera encore fermée à huit heures sous le ciel de Paris et s'ouvrira plus tard encore à des latitudes plus élevées.

Tous ces faits démontrent de la manière la plus évidente les relations immédiates qui rattachent la vie végétale à l'activité lumineuse: que les parties vertes répandent dans l'atmosphère de l'oxygène à profusion; que le carbone pénètre dans le tissu des plantes pour y former le bois, les racines, les sucres, les essences odorantes; que les fleurs, les feuilles et les fruits se nuancent de mille couleurs; que les brillantes corolles resserrent ou épanouissent leurs délicates membranes, tous ces phénomènes sont l'œuvre de la lumière.

Si le soleil perdait tout à coup son éclat, pour ne lancer sur notre globe que des rayons calorifiques obscurs, la végétation disparaîtrait en même temps que la lumière; tout au plus resterait-il encore quelques-unes de ces espèces rudimentaires, placées si bas dans l'échelle des êtres que nous osons à peine leur donner le nom de plantes.

Les animaux n'échappent pas à l'influence de la lumière. Il faut pourtant le reconnaître, elle n'est pas pour eux, comme pour les végétaux, une condition indispensable d'existence. L'animal possède à un degré très élevé la faculté de réagir contre les agents extérieurs et de se plier aux conditions les plus variables. L'homme vit indistinctement sous tous les climats : de l'équateur aux pôles, on trouve des populations saines et vigoureuses. Un grand nombre d'espèces animales sont également remarquables par leur aptitude à s'accommoder des climats les plus disparates.

D'un autre côté, il est difficile, au milieu des éléments si nombreux et si mobiles, qui tous ont un rôle essentiel dans les phénomènes de la vie, d'isoler la part qui revient aux rayons lumineux. Quand on cherche à diminuer ou à exagérer leur action, pour en étudier les effets, interviennent des conditions nouvelles dont l'ensemble, en apportant des modifications profondes dans l'accomplissement des fonctions vitales, masque toujours plus ou moins l'activité spéciale de la lumière.

On a souvent comparé, au point de vue de l'hygiène, la prospérité des populations de la campagne, vivant dans un milieu constamment inondé de lumière, avec l'état misérable de ces malheureux, condamnés à passer leur existence dans des réduits obscurs où ne pénètrent presque jamais les rayons du soleil. D'un côté, une santé robuste, la force et l'agilité, un développement rapide, une longévité remarquable ; de l'autre l'indolence, mille difformités, une vie chétive et languissante, toujours menacée par la maladie et la mort. Il faut remarquer cependant que l'absence de lumière n'est pas seule justiciable de cette inégalité : ces demeures, que le soleil

ne visite jamais, sont presque toujours froides et humides; les privations de toute nature, la misère, et, trop souvent le vice, sont le triste partage des infortunés qui les habitent.

Malgré la difficulté d'aborder expérimentalement une pareille étude, les recherches de plusieurs physiologistes ont démontré d'une manière irrécusable l'action de la lumière sur la vie animale. Edwards[1] a fait voir que des œufs de grenouille se développent facilement sous l'influence des rayons lumineux, tandis que leurs embryons restent à l'état rudimentaire quand les œufs sont conservés dans l'obscurité. La même expérience, répétée sur des têtards, a montré que la lumière favorise leurs métamorphoses, tandis que l'obscurité les ralentit ou les arrête.

Plus récemment, M. Béclard[2] a signalé des faits du même ordre sur le développement des œufs de la mouche ordinaire. Signalons encore les expériences de M. Moleschott[3] sur des grenouilles adultes: d'après les recherches de ce savant, la proportion d'acide carbonique exhalé par la peau de ces animaux serait en relation avec l'intensité lumineuse. La lumière exerce donc une influence directe sur les fonctions vitales: elle les excite, tandis que l'obscurité les ralentit.

La science n'a pu pénétrer plus avant dans les causes encore mystérieuses de cette étroite solidarité; mais l'observation la moins attentive nous révèle à chaque instant, par mille exemples saisissants, le rôle puissant de la lumière dans les phénomènes de la vie.

La lumière, a-t-on dit, est le grand coloriste de la nature; les mammifères et les oiseaux des régions tropicales sont tous remarquables par la vivacité de leurs

couleurs ; dans les contrées polaires, au contraire, leur pelage décoloré semble se mettre en harmonie[1] avec le milieu qui les entoure. Les reptiles, les insectes, les mollusques même, n'échappent pas à cette influence : la lumière dont ils s'abreuvent[2] reparaît dans leur parure sous mille formes éblouissantes.

L'homme ne reste pas indifférent à l'excitation des rayons solaires. Il est presque inutile d'insister sur les modifications que la lumière fait subir à nos organes : le teint hâlé du campagnard contraste singulièrement avec la pâleur habituelle de l'habitant des villes. Les mains, le visage, constamment exposés à l'action de la lumière, acquièrent par cela même une coloration plus foncée. On ne saurait attribuer ces effets à la chaleur qui accompagne habituellement la lumière, car beaucoup d'ouvriers, condamnés par leur profession à subir l'action presque continue d'une température élevée, conservent la blancheur de leur peau malgré la chaleur excessive qui agit sur leur corps.

On s'est demandé[3] si l'influence longtemps prolongée des rayons solaires n'intervenait pas dans la coloration de la peau chez les diverses races humaines. On a remarqué, il est vrai, que la peau du nègre subit, comme celle des Européens, des variations dans sa couleur selon l'intensité de la lumière : elle devient plus noire après une longue insolation.

Il est peu probable cependant qu'une pareille cause puisse expliquer des modifications profondes et permanentes, caractéristiques des diverses races. Dans les contrées méridionales de l'Afrique, où se trouvent des populations indigènes nègres, les Arabes et les Kabyles,[4] qui appartiennent à la race blanche, ont conservé, depuis

les temps historiques, leurs allures habituelles; leur teint, seulement basané, diffère entièrement de celui des races nègres proprement dites.

De tous nos organes, le plus vivement impressionné par la lumière est celui de la vision. Il ne s'agit plus ici de l'aptitude spéciale de l'œil à recueillir les impressions lumineuses; abstraction faite de ses fonctions, il est soumis, comme tous nos organes extérieurs, à l'influence directe de la radiation solaire; plus que tous les autres il en subit les effets. Un éclairage trop vif le surexcite et le fatigue.

Combien de voyageurs n'ont-ils pas eu à souffrir de l'éclatante réverbération de la neige dans une plaine inondée de lumière. Rien n'est plus dangereux pour l'œil que le passage brusque d'une obscurité profonde à un éblouissant éclairage. Un des supplices imaginés par la barbarie de Denys le Tyran[1] consistait, dit-on, à introduire dans une chambre vivement éclairée des prisonniers enfermés depuis longtemps dans de sombres souterrains: la violence du contraste suffisait pour les rendre aveugles.

Le développement des yeux est ordinairement en harmonie avec le degré d'excitation qu'ils reçoivent de la lumière. La nature fournit de nombreux exemples d'animaux aveugles, ou pourvus d'yeux rudimentaires, incapables d'exercer leurs fonctions naturelles: tous habitent des régions inaccessibles aux rayons du soleil.

Un des plus curieux sous ce rapport est le *protée*[2] des mares souterraines de la Carniole:[3] ce singulier reptile, presque décoloré, possède des yeux atrophiés,[4] sans utilité pour l'animal. Il en est de même d'un grand nombre de poissons et de crustacés qui habitent les lacs

souterrains de l'Amérique du Nord. On trouve chez quelques mammifères inférieurs des anomalies du même genre, toujours en rapport avec leur genre de vie.

Ces modifications profondes, dans un organe aussi essentiel, ont justement excité l'étonnement des naturalistes. Pour expliquer un fait aussi curieux, les uns se bornent à admettre que la nature a créé tous nos organes en vue d'une fonction spéciale: pourquoi alors aurait-elle donné des yeux à des animaux condamnés à passer leur vie dans une nuit éternelle?

D'autres considèrent les organes comme le résultat même de l'action des agents extérieurs. Pour les savants de cette école, l'œil serait, pour ainsi dire, l'œuvre de la lumière; le protée, comme les autres animaux aveugles, n'aurait pas toujours vécu dans l'obscurité où ils sont aujourd'hui relégués; l'organe de la vision, développé chez eux quand ils subissaient l'action de la lumière, aurait disparu peu à peu, par une longue privation de l'excitation lumineuse.

L'activité bienfaisante de la lumière n'a pas seulement pour effet d'agir sur nos organes, d'exercer sur leur développement une salutaire influence: au point de vue intellectuel, bien plus encore qu'au point de vue physique et matériel, l'homme en subit la domination d'une manière irrésistible.

La pensée, enchaînée et muette dans un endroit obscur, se dégage et s'anime le soir dans une salle éblouissante de clarté. Nous ne pouvons pas éviter les fâcheuses dispositions que provoque un temps sombre et pluvieux, ni résister à l'élan joyeux que donne le spectacle d'une journée radieuse. Il faut ici confesser notre esclavage, aimable servitude, au demeurant, et qui ne nous procure

que des douceurs. Et pourquoi ne nous mettrions-nous pas à l'unisson de[1] toutes les choses animées et inanimées, qui, sitôt que la lumière les touche, vibrent, tressaillent et manifestent dans mille langages divers la volupté stimulante et enchanteresse de ce contact? C'est instinctivement et spontanément que nous la recherchons partout, et que nous sommes toujours heureux de la découvrir. Aussi, quel rôle elle joue et quel charme elle introduit dans les œuvres de la poésie et de l'art!

XXIII. L'ŒIL ET LA VISION

L'œil constitue, chez l'homme et les animaux supérieurs, un appareil d'une extrême complication en même temps que d'une merveilleuse simplicité. Réduit à ses éléments essentiels, il peut être comparé à une chambre noire en miniature dont l'écran serait capable de sentir; mais quand on examine de près toutes les pièces qui le composent, on reste confondu devant la perfection de chacune d'elles. La nature semble avoir épuisé toutes ses ressources dans la construction de ces organes délicats, aussi bien que dans le mécanisme qui les met en jeu.[2]

Il s'en faut[3] cependant que tous les êtres animés aient à leur disposition un instrument aussi parfait; chez un grand nombre, l'œil a une structure beaucoup plus simple, quoique tout aussi admirable. Sa complication diminue à mesure que l'animal lui-même s'abaisse dans la série zoologique; l'organe finit même par disparaître entièrement chez les êtres rudimentaires qui occupent les premiers degrés de l'échelle.

Cependant l'absence des yeux n'entraîne pas néces-

sairement la privation des sensations lumineuses; beaucoup d'animaux, aveugles en apparence, ne le sont pas dans l'acception rigoureuse du mot; mais chez eux la vision, si elle mérite encore ce nom, est tellement obtuse qu'elle leur permet tout au plus de distinguer le jour de la nuit.

La physiologie nous enseigne que toutes nos sensations sont sous la dépendance absolue d'organes particuliers, connus sous le nom de nerfs; leur ensemble constitue le système nerveux sensitif. Chez les animaux supérieurs, ces nerfs se distribuent dans des appareils spéciaux affectés chacun à un ordre particulier de sensations; ce sont les organes des sens.

Le nerf qui préside à la vision a reçu le nom de *nerf optique;* il s'épanouit au fond de l'œil où il forme une membrane d'une extrême délicatesse appelée *rétine* par les anatomistes.

Au point de vue de leur structure, tous les nerfs se ressemblent. Ils sont tous construits sur le même modèle; rien dans leur apparence ne saurait faire préjuger leur mode d'action. Mais chacun aboutit à une région particulière du cerveau et de cette origine dépend leur activité propre. Leur caractère le plus remarquable réside en effet dans la manière spéciale de sentir, dévolue à chacun d'eux. La peau est incapable de voir ou d'entendre, l'oreille est insensible aux odeurs ou aux saveurs. De même le nerf optique est seulement apte à recevoir les impressions lumineuses: tous les ébranlements qu'il éprouve, il les transforme aussitôt en sensations de lumière. Un choc, une piqûre, une brûlure de la rétine, ne provoquent ni douleur, ni sentiment de chaleur, elles se traduisent in-

variablement par l'apparition de phénomènes lumineux.

Ce fait, pour si étrange qu'il[1] paraisse au premier abord,[2] peut être établi par une expérience très simple dont on trouve les premières indications dans les écrits de Newton.[3] « Si dans l'obscurité, dit-il, on presse le coin de l'œil avec le doigt, et qu'en même temps on tourne l'œil du côté opposé,[4] on voit un cercle de couleurs fort semblables à celles de la queue d'un paon. Si on tient l'œil et le doigt en repos, ces couleurs disparaissent en une seconde de temps, mais si l'on remue le doigt avec un mouvement tremblotant, elles reparaissent encore.»

L'interprétation de ce phénomène, désigné sous le nom de *phosphène*[5] par la science moderne, est facile à saisir. La compression du doigt se transmet jusqu'à la rétine par l'intermédiaire des milieux de l'œil, et cette membrane, soumise à une sorte de contusion momentanée, traduit sous la forme de sensation lumineuse l'ébranlement qu'elle reçoit.

Du reste, la dimension et l'apparence du phosphène sont liées à la forme et au volume du corps qui produit la compression. La pointe d'un crayon donne lieu à une lueur très circonscrite, tandis que le doigt fait naître une image diffuse et plus étendue. Quant à la coloration, comparée par Newton à celle des plumes de paon, elle n'est pas un résultat nécessaire de l'expérience; la lueur observée est au contraire le plus souvent grise ou bleuâtre.

Cette expérience est, pour ainsi dire, la traduction scientifique d'un accident dont chacun a certainement été victime, et que le langage décrit sous une forme pittoresque: qui n'a éprouvé[6] un de ces coups violents

sur les yeux ou dans leurs voisinages qui font *voir les étoiles en plein midi?* Voilà, sans doute, une démonstration brutale d'un phénomène physiologique, mais elle est l'expression fidèle d'une vérité affirmée par la science.

Envisagée comme sensation, la lumière est donc l'état d'excitation du nerf optique; l'obscurité, au contraire, est la sensation de son repos. Cet état particulier d'excitation peut être accidentellement produit par des actions mécaniques d'un ordre quelconque, mais, dans les conditions normales, les objets lumineux ont seuls le privilège de lui donner naissance.

Il est facile maintenant de se rendre compte de la manière dont fonctionne l'organe de la vision chez les divers animaux, et de saisir la signification de cette fonction dans la série zoologique. Chez les êtres les plus simples, le nerf optique envoie des ramifications à la surface du corps, et chacune d'elles forme pour ainsi dire une rétine infiniment petite, capable de recueillir les impressions lumineuses.

Ces organes, recevant la lumière extérieure dans toutes les directions, ne peuvent donner à l'animal aucune notion des objets environnants; leur rôle se borne à établir pour lui une différence entre la clarté et les ténèbres. Cette diffusion de l'appareil de la vision a fait dire à quelques physiologistes[1] que les animaux inférieurs voyaient par la peau; c'est là, on le comprend, une interprétation erronée: il serait tout aussi exact de dire que l'homme et les mammifères voient avec la tête.

A mesure que l'organisation générale des animaux se perfectionne, la fonction visuelle se localise et l'on voit en même temps se compliquer l'appareil destiné à son

accomplissement. Sans décrire ici les modifications successives de l'œil dans la série zoologique, nous dirons seulement un mot de la remarquable disposition qu'il présente chez les insectes.

Toutes les collections d'objets microscopiques renferment une préparation d'une grande beauté, désignée sous le nom de *cornée de mouche*. Observée avec une simple loupe, elle apparaît comme une membrane, délicate et transparente, sur laquelle des traits d'une extrême finesse dessinent un nombre infini d'hexagones parfaitement réguliers. Cette membrane n'est autre chose que l'enveloppe extérieure et brillante qui protège les yeux ordinairement si volumineux de la plupart des insectes; quant aux facettes hexagonales, leur nombre peut atteindre un chiffre prodigieux: on en compte près de neuf mille dans l'œil du hanneton et vingt-cinq mille au moins dans celui de certains insectes.

Si dans un œil complet, on regarde au-dessous de la membrane, on y trouve des cloisons formant par leur réunion une multitude de petites pyramides creuses dont les bases aboutissent à chacune des facettes, tandis que leur sommet va s'implanter sur une sorte de mamelon convexe formé par les extrémités des divisions du nerf optique; ce mamelon est une véritable rétine; l'ensemble de ces tubes prismatiques juxtaposés constitue ce qu'on appelle un œil composé.

Le mode de fonctionnement d'un semblable organe doit être fort compliqué; on peut cependant se faire une idée assez exacte de ce que doit être la vision chez les animaux pourvus d'un pareil instrument.

Les rayons émanés d'un point lumineux, après avoir rencontré la surface de l'œil, ne pénètrent pas tous

jusqu'à la rétine; les plus obliques sont arrêtés et absorbés par les cloisons opaques; ceux qui suivent la direction des tubes arrivent seuls au fond de l'organe. Il se produit ainsi, selon l'heureuse expression de M. Giraud-Teulon,[1] une véritable *canalisation de la lumière.*

Chaque facette peut donc, avec le tube qui la suit, représenter un œil fixe qui ne voit que dans une seule direction, celle de l'axe du tube; et toutes les impressions qui en résultent, juxtaposées sur le nerf optique, y produiront une image plus ou moins nette des objets extérieurs; la netteté sera nécessairement d'autant plus grande que les facettes seront plus nombreuses et les tubes plus longs, mais en même temps il y aura plus de lumière perdue sans profit pour la vision et la sensation doit être relativement faible.

D'un autre côté, la convexité considérable de l'organe, son volume énorme, faisant saillie sur la tête de l'animal, lui permettent de voir pour ainsi dire dans toutes les directions. Chez beaucoup de crustacés, tels que les langoustes, les crabes, les homards, ces yeux, presque sphériques, sont portés par des pédoncules que l'animal dirige à son gré dans tous les sens; un crabe peut, sans changer de place,[2] regarder presque aussi aisément en arrière qu'en avant.

L'œil subit, dans la série zoologique, mille transformations en harmonie avec le genre de vie des animaux, pour atteindre finalement chez l'homme son plus haut degré de perfection.

Considéré dans son ensemble, il a la forme d'un globe sensiblement sphérique, logé dans une cavité du crâne qu'on appelle l'*orbite.* Son enveloppe extérieure, solide et résistante, a reçu le nom de *cornée opaque* ou *scléro-*

tique; c'est elle qui, visible entre les deux paupières, constitue le blanc de l'œil. En avant, elle s'amincit au point de devenir transparente en même temps qu'elle prend une forme plus convexe; c'est la *cornée transparente,* enchâssée comme un verre de montre dans une ouverture circulaire de la sclérotique, à travers laquelle pénètrent les rayons lumineux.

L'intérieur du globe oculaire est divisé en deux compartiments inégaux par une cloison verticale, au centre de laquelle se trouve le cristallin, véritable lentille biconvexe, remplissant, au point de vue de la vision, une fonction très importante. De ces deux compartiments, le plus petit, situé en avant, a reçu le nom de chambre antérieure; il est rempli d'un liquide transparent qui est presque de l'eau pure et qui, pour cette raison, est appelé *humeur aqueuse.* Le second, beaucoup plus vaste, constitue la chambre postérieure; il contient l'*humeur vitrée,* masse gélatineuse d'une faible consistance, limpide comme du cristal.

En avant du cristallin se trouve un écran opaque, l'*iris,* percé d'une ouverture centrale, la *pupille.* L'iris possède une couleur variable selon les sujets; c'est lui qui donne aux yeux leur teinte bleue, brune ou grise; quant à la pupille, elle paraît noire parce qu'elle est suivie de milieux transparents au travers desquels apparaît le fond obscur de l'œil.

La chambre postérieure est tapissée par la *choroïde,* membrane parcourue par de nombreux vaisseaux sanguins, et recouverte d'un enduit noir qui semble destiné à absorber les rayons lumineux inutiles ou nuisibles à la pureté de la vision. Enfin, au fond de l'œil et sur la choroïde, s'épanouit le nerf optique, sous forme d'une

fine couche de filets nerveux, transparents pendant la vie, c'est la *rétine*, ou membrane sensible de l'œil.

Cette description succincte nous fait prévoir le rôle de ces divers éléments dans l'accomplissement des fonctions de l'œil. Les milieux transparents forment par leur réunion un assemblage de lentilles convergentes, comparable par son mode d'action à l'objectif d'une chambre noire photographique. La rétine est l'écran qui reçoit l'image ; quant à la pupille, elle sert de diaphragme ; en éliminant les rayons obliques, elle diminue l'intensité trop vive de la lumière et augmente en même temps la netteté des images.

Cette assimilation de l'œil à une chambre noire soulève cependant une difficulté sérieuse dont la solution complète s'est longtemps fait attendre ; elle exigeait en effet des connaissances anatomiques approfondies qu'une étude minutieuse de l'organe pouvait seule dévoiler.

Pour que l'image formée par une lentille se peigne *nettement* sur un écran, il faut, nous le savons, que cet écran soit à une distance de la lentille, déterminée par sa longueur focale[1] et par la position de l'objet. Si l'objet s'éloigne, l'écran doit se rapprocher de la lentille ; s'il s'en rapproche, l'écran doit s'en écarter.

Or, dans les conditions ordinaires de la vision, tous les objets nous apparaissent avec une égale netteté, quelle que soit leur distance. Il faut donc que l'œil *s'accommode*, par un mécanisme particulier, aux conditions si diverses et si mobiles qui agissent sur lui.

On a admis pendant longtemps que la rétine pouvait se déplacer, pour se mettre d'elle-même au point correspondant à la plus grande netteté ; d'autres physiologistes ont attribué au cristallin un mouvement de translation[2] en

avant ou en arrière ; mais toutes ces hypothèses, en harmonie sans doute avec les lois physiques, sont en flagrant désaccord avec l'observation. La rétine et le cristallin occupent dans l'œil une situation invariable ; ils ne peuvent ni se rapprocher ni s'éloigner l'un de l'autre. Il fallait donc chercher ailleurs la cause de l'accommodation.

Descartes,[1] le premier, soupçonna qu'elle pouvait résider dans des changements de forme du cristallin. Cette opinion, fécondée[2] par les travaux des physiologistes modernes, est devenue, grâce aux démonstrations expérimentales les plus rigoureuses, l'expression d'une vérité incontestable.

Le cristallin n'est pas, comme son nom semble l'indiquer, formé d'une matière dure et cassante ; sa substance, douée d'une certaine flexibilité, peut céder, au contraire, à la pression d'un appareil musculeux spécial qui en embrasse les contours, et dont l'action se traduit par une augmentation ou une diminution de courbure.

Ces modifications dans la forme de la lentille, entraînant nécessairement des changements correspondants dans sa longueur focale, compensent rigoureusement les variations de distance des objets exposés à nos regards. L'œil est-il fixé vers des plans éloignés, l'appareil musculaire se relâche, et le cristallin, aplati, est, pour ainsi dire, à l'état de repos. Notre attention se dirige-t-elle, au contraire, sur des objets voisins, le muscle de l'accommodation entre instinctivement en jeu ; la lentille, devenue plus sphérique, rend les rayons plus convergents, et forme toujours sur la rétine une image d'une excessive netteté.

Ce mécanisme ne suffit cependant pas toujours à rendre chez tous les individus la vision constamment nette

et distincte. Les yeux sont sujets à des vices de conformation très communs qui exercent une influence considérable sur leur manière de fonctionner. Dans l'œil normalement constitué, la rétine occupe derrière le cristallin la position qui correspond à la vision nette des objets très éloignés ; dans ce cas, l'appareil de l'accommodation est en repos. Mais il arrive souvent que le globe oculaire est trop allongé ou trop aplati, de sorte que la rétine ne reçoit plus qu'une image vague et diffuse. Il en résulte dans les deux cas l'impossibilité de voir distinctement les objets éloignés : l'œil est alors ou *myope* ou *hypermétrope*.

Il est myope quand le globe oculaire est trop long : on remédie à cette anomalie par l'emploi de lunettes concaves qui accroissent dans un rapport convenable la longueur focale de tout le système optique. L'œil hypermétrope, au contraire, doit faire usage de lentilles convexes qui, ajoutant leur action à celle des milieux de l'œil, augmentent la convergence des rayons et forment une image nette sur la rétine malgré sa position anormale. La vision, ainsi corrigée par des verres d'une courbure convenable, reprend ses caractères normaux, et l'accommodation se produit ordinairement d'une manière régulière.

Il est enfin une dernière infirmité à laquelle bien peu de personnes échappent, et qu'il ne faut pas confondre avec les précédentes. Vers l'âge de quarante ou quarante-cinq ans, nous commençons à éprouver une certaine difficulté à voir nettement les objets rapprochés : pour lire une feuille imprimée, par exemple, nous sommes forcés de la placer plus loin de nos yeux que nous ne le faisions à un âge moins avancé ; cette modification de

la vue s'accentue de plus en plus à mesure que nous vieillissons : nous devenons *presbytes*.

L'œil conserve pourtant, dans ce cas, les mêmes dimensions relatives ; ses milieux réfringents ne sont l'objet d'aucune altération ; la faculté d'accommodation a seule diminué. Nous devenons incapables de donner au cristallin la convexité nécessaire pour la vision à courte distance ; il faut recourir à l'emploi de lunettes convexes. On confond très souvent la presbytie avec l'hypermétropie ; on voit cependant que ces deux affections sont essentiellement différentes : la première est une infirmité acquise de l'appareil de l'accommodation, la seconde dépend d'un vice de conformation naturel ; elles peuvent d'ailleurs coexister simultanément chez le même individu : un œil peut même être à la fois myope et presbyte.

Telles sont, dans leur ensemble, les conditions purement physiques qui président à la vision. Un mot maintenant sur les phénomènes d'ordre physiologique qui complètent la fonction. Une des qualités les plus essentielles de l'œil est de nous montrer dans un objet ses plus minutieux détails, sans que les impressions voisines se troublent mutuellement. Cette faculté, variable selon les individus, a reçu le nom d'acuité de la vision ; elle est une conséquence de la constitution de la rétine.

Cette membrane est formée par un nombre considérable de cellules nerveuses juxtaposées, et d'une telle petitesse, qu'un millimètre carré en contient plus de 150,000 dans la portion la plus sensible de l'organe. Il résulte de cette extrême division de la substance nerveuse que la rétine peut recevoir autant d'impressions distinctes qu'il y a d'éléments séparés à la surface. Sous ce rapport, elle est infiniment supérieure à tous les autres or-

ganes des sens ; celui du toucher, en particulier, présente à cet égard une obtusion remarquable, qu'une expérience bien simple permet de mettre en évidence :

Que l'on pique légèrement la surface de la peau avec les *deux pointes* d'un compas : on remarquera que, pour un certain écartement des deux branches, on éprouve la sensation d'une piqûre unique. Cet écartement varie d'ailleurs selon la région du corps explorée : il est de 2 millimètres environ pour la pulpe des doigts, de 22 sur le front, de plus de 60 sur le dos ; la rétine, au contraire, est encore sensible à deux impressions rapprochées l'une de l'autre de quelques dix millièmes de millimètre seulement.

Il suffit donc, pour que nous voyions distinctement les détails d'un objet, que leurs images se forment au fond de l'œil à des distances au moins égales. En dehors de cette condition, les sensations doivent nécessairement se confondre, et l'on est forcé, pour les rendre distinctes, d'avoir recours à des instruments grossissants, tels que le microscope, la loupe, les télescopes, dont le rôle essentiel est d'amplifier les images qui se peignent sur la rétine.

Il s'en faut de beaucoup[1] que toutes les parties de la rétine jouissent d'une aussi exquise sensibilité ; cette faculté est, au contraire, limitée en un point très restreint de l'organe, désigné en anatomie sous le nom de *tache jaune,* et situé à peu près dans la direction de l'axe de l'œil. C'est ce point que nous dirigeons toujours instinctivement vers les objets que nous regardons. Toute la surface qui l'entoure est incapable de nous procurer une sensation nette des images qu'elle reçoit ; elle nous avertit simplement de la présence d'objets visibles, en nous donnant des notions confuses sur leur forme et leurs détails.

La ligne qui joindrait l'objet considéré au centre de la tache jaune a reçu le nom d'*axe optique*.

Il est une région de la rétine tout aussi remarquable, et qui se distingue par son insensibilité absolue: cette région correspond précisément au point par lequel pénètre le nerf optique; elle a reçu le nom de *tache aveugle* ou de *punctum cæcum*.[1]

L'assimilation de l'œil à une chambre obscure, très satisfaisante au point de vue physique, semble en contradiction avec la manière dont fonctionne la vision. Il résulte, en effet, de cette comparaison que tous les objets extérieurs doivent peindre sur la rétine leur image renversée, comme cela arrive dans la chambre noire ordinaire. Cette conséquence, pour si extraordinaire qu'elle paraisse, est vérifiée par l'expérience; aussi a-t-elle été longtemps pour les physiologistes l'objet d'un profond étonnement.

Comment se fait-il[2] que nous voyions les objets dans leur position réelle, quand l'impression qu'ils produisent sur la rétine est d'un sens diamétralement opposé? On a cherché à expliquer cette contradiction en faisant intervenir l'influence de l'habitude et d'une éducation primitive de l'œil; mais cette interprétation est incompatible avec l'observation physiologique, car un aveugle de naissance, assez heureux pour guérir de son infirmité, voit les objets dans leur véritable direction aussitôt qu'il devient capable d'en apprécier la forme.

Il n'est pas nécessaire d'aller chercher si loin la solution du problème. Ce n'est pas l'image rétinienne que nous voyons, c'est l'objet qui la produit. Le renversement de l'image est l'œuvre des lois géométriques de la propagation de la lumière, mais il n'entraîne nullement le

renversement de la sensation. La rétine, ébranlée par un mouvement lumineux venant d'en haut ou d'en bas, nous transmet l'impression qu'elle reçoit, et nous la rapportons à la direction même des rayons qui frappent la membrane sensible. Il y a eu à ce sujet, dans les interminables discussions des savants, une singulière confusion qui ne mérite plus aujourd'hui la peine d'être discutée.

Il est une autre particularité remarquable de la vision qui a vivement préoccupé les physiologistes : les deux yeux dont nous sommes pourvus reçoivent chacun une image semblable des objets extérieurs, et cependant ces deux images produisent en nous une sensation unique. Ce n'est que dans des conditions exceptionnelles, et toujours anormales, que l'association des deux yeux donne lieu à une double perception. Nous ne saurions[1] aborder ici l'explication de cette intéressante question sans entrer dans des considérations physiologiques d'un ordre trop élevé pour trouver place dans cet exposé sommaire ; nous devons nous borner à décrire rapidement quelques-uns des phénomènes qui se rattachent à la vision binoculaire.

On remarque tout d'abord que cette impression unique exige, pour se produire, des conditions particulières dans la direction des deux yeux : ces conditions, nous les réalisons instinctivement, mais nous pouvons aussi les faire varier à notre gré. Avec un peu d'attention, il est même facile de se convaincre que nous voyons double sans nous en douter,[2] pendant toute notre vie, la plupart des objets qui nous entourent.

L'œil n'est pas immobile dans son orbite ; sous l'influence de muscles particuliers, il peut subir certains

déplacements qui le portent en dedans ou en dehors, en haut ou en bas. Ces mouvements nous permettent de diriger toujours l'axe optique vers l'objet que nous voulons voir nettement. Dans la vision binoculaire, les deux yeux s'orientent spontanément de façon à[1] faire converger leurs deux axes optiques vers l'objet considéré, et le point de croisement de ces deux axes jouit seul de la propriété d'être vu simple ; tout ce qui est situé en deçà ou au delà nous apparaît double.

Voici une expérience démonstrative à cet égard, qui n'exige aucun appareil spécial. Prenons deux corps peu volumineux, deux crayons, par exemple, et plaçons-les verticalement devant nos yeux, l'un derrière l'autre, à une certaine distance. Si nous fixons attentivement l'un des deux crayons, le second nous apparaît double aussitôt ; on peut alternativement les dédoubler l'un ou l'autre, selon que l'attention se fixe sur le plus rapproché ou le plus éloigné.

Cet effet se manifeste nécessairement pour nous d'une manière constante, et si, dans les conditions ordinaires, nous parvenons à nous débarrasser de ces illusions, c'est que l'habitude nous a appris à faire abstraction de ces images multiples, pour fixer seulement notre attention sur le point où convergent nos deux axes optiques. Disons cependant que les directions voisines de ces axes jouissent aussi de la faculté de fusionner les deux impressions, de sorte que nous sommes capables de voir simples des surfaces d'une certaine étendue.

On a cru pendant longtemps que les deux images rétiniennes étaient identiques, et l'on avait fondé sur cette hypothèse une ingénieuse théorie pour expliquer le fusionnement des deux impressions ; les choses sont loin

de se passer ainsi. On n'a, pour s'en convaincre, qu'à regarder un objet quelconque en fermant alternativement chacun des yeux ; on reconnaîtra sans peine que l'œil gauche voit un peu plus du corps sur la gauche, tandis que l'œil droit embrasse davantage sur la droite. Ce ne sont donc pas deux impressions identiques, mais bien[1] deux impressions différentes, qui se combinent en une seule dans la vision binoculaire.

XXIV. L'HOMME PRIMITIF

De tout temps les cavernes ont servi de demeure, de sépulcre ou de refuge aux hommes. Les auteurs anciens nous parlent des troglodytes[2] ou habitants des cavernes de l'Asie Mineure, de la Grèce et de l'Italie ; Jules César[3] nous rapporte qu'il fit enfermer dans des souterrains naturels les Gaulois qui le combattaient ; à l'époque des Dragonnades,[4] les protestants persécutés se sauvaient dans les cavernes, et, de nos jours encore, les habitants des forêts s'abritent souvent dans des grottes de pierre. Aussi n'y a-t-il pas lieu de[5] s'étonner de l'accumulation d'ossements et de débris qui s'y rencontrent. C'est ainsi que la caverne de Malet, dans les Cévennes,[6] a offert un singulier amoncellement d'objets les plus divers. Des fragments de poteries romaines, une statuette d'un sénateur romain, des haches en silex poli et autres armes de pierre, appartenant à une civilisation bien antérieure, une véritable sépulture d'ossements d'hommes et d'ours, des objets d'art de fabrication plus récente, des crânes d'ours placés les uns sur les autres en forme de pyramide, trouvés dans le même souterrain, ont ap-

paru successivement comme les sûrs témoignages des nombreux visiteurs qui l'ont parcouru à des époques différentes.

En 1833, le docteur Schmerling publia un ouvrage important sur les cavernes situées aux environs de Liége;[1] il explora chacune d'elles, et tous les ossements qu'elles renfermaient furent soumis à son examen. La pièce la plus curieuse de la collection de ce savant géologue consistait en la calotte d'un crâne[2] trouvé dans la caverne d'Engis, à plus d'un mètre de profondeur, dans une brèche osseuse non remaniée. La terre qui enveloppait ce crâne ne présentait aucune trace de modification ultérieure. La caverne de Lherme a aussi fourni à la science des dents, une omoplate et des os du bras humain, mélangés avec des ossements d'ours, de lion, d'hyène des cavernes, enfouis dans une couche stalagmitique[3] tellement résistante qu'elle se brise difficilement sous le choc du marteau.

La grotte d'Arcy, près d'Avallon[4] (Yonne), étudiée par M. de Vibraye, contenant dans son sein un nombre considérable de débris d'ours des cavernes associés à une mâchoire et une dent humaine emprisonnés dans une enveloppe résistante d'argile rouge, la caverne de Neanderthal,[5] renfermant, sous une couche diluvienne[6] d'une grande dureté, des os d'ours et un squelette humain, dont on put enlever, sans les briser, la calotte crânienne,[7] la cuisse, l'humérus, un cubitus, une clavicule et quelques autres fragments recouverts de dendrites[8] élégamment ramifiées comme de la mousse, sont de forts et irrécusables arguments de l'antiquité de l'homme.

L'étude de *kjœkkenmœddings*,[9] ou débris de la cuisine

des peuples primitifs des marais tourbeux du Danemark, des habitants lacustres[1] de la Suisse et de l'Italie, a surtout fourni à la science de précieux documents sur l'homme primitif.

Sur un grand nombre de points de la côte du Danemark, on rencontre, à proximité de la mer, des accumulations de coquilles d'un volume très variable, qui atteignent quelquefois trois cents mètres de longueur sur[2] une largeur de soixante mètres et une épaisseur de trois mètres. Çà et là ces amas sont disposés circulairement autour d'un centre vide qui paraît avoir servi de lieu d'habitation.

Ces accumulations d'os et de coquilles, connues depuis fort longtemps, avaient d'abord été considérées comme des dépôts naturels ; des observations récentes ont démontré que l'homme seul avait pu constituer ces amas, incontestablement formés par les débris de sa nourriture. Aussi les Danois les ont-ils appelés *kjækkenmæddings*, ou amas de débris de cuisine. Des milliers de coquilles d'huîtres, de cardiums ou autres mollusques comestibles s'y rencontrent de toutes parts ; des os de quadrupèdes, d'oiseaux et de poissons y sont entassés pêle-mêle ; des couteaux, des haches et d'autres instruments de pierre y sont répandus à profusion avec des fragments de poteries grossières, des outils de corne et d'os, du bois carbonisé et des cendres. En 1847, une commission, chargée d'étudier ces monticules de coquilles du Danemark, rassembla une magnifique collection formée de dix mille échantillons déterminés, d'animaux trouvés dans ces accumulations. Au milieu de coquilles se rencontrèrent de nombreuses espèces d'animaux sauvages ; l'*urus* ou *Bos primigenius*[3] est la seule espèce actuellement éteinte qui

s'y trouve; les restes de castors et de phoques y abondent. Des os de daim, de chevreuil, de lynx, de loup, de renard s'y recueillent tout brisés, comme s'ils l'avaient été par un instrument destiné à leur enlever la moelle.

Les *kjœkkenmœddings* offrent, comme on le voit, le plus grand intérêt; ils nous montrent, après quelques centaines de siècles, les débris des aliments qui ont nourri de rudes chasseurs, de hardis pêcheurs, dont le souvenir semblait devoir être à tout jamais perdu[1] dans les profondeurs du passé.

Les tourbières du Danemark sont pour nous la source de curiosités peut-être plus remarquables encore. Il n'est pas un mètre carré de ces marais qui n'ait gardé[2] des traces humaines; les ossements, les débris de toute sorte qui s'y rencontrent, offrent aux savants d'inépuisables sujets d'étude; la nature semble avoir pris soin de conserver ces vestiges afin de nous permettre d'en dévoiler l'origine. Les tourbières du Danemark, en effet, sont nettement formées de trois couches superposées qui nous tiennent un différent langage et offrent à nos regards trois périodes de végétation; la plus ancienne est la période du pin, complètement disparue aujourd'hui; la deuxième est la période du chêne, actuellement très rare; la troisième période, enfin, est celle du hêtre, qui étend encore ses rameaux épais sur le sol du nord. La tourbe a gardé les objets qui y sont tombés, et les fouilles qu'on y exécute y font voir trois musées bien distincts, changeant pour ainsi dire leurs collections à chaque période de végétation nouvelle. Les débris humains manquent dans la première couche de la tourbe amorphe; des armes de pierre et d'os se rencontrent sur la deuxième couche; des armes et des ustensiles de bronze appa-

raissent enfin dans la région qui est plus rapprochée du sol. D'après ces observations, le premier cycle de l'histoire a été divisé en trois âges par les savants danois.

1° *Age de pierre.* Pendant cette période, l'homme s'arme et se[1] crée des outils en taillant les silex ou d'autres pierres ; le feu lui est déjà connu, comme l'attestent les cendres et le bois carbonisé (cet âge se subdivise généralement en deux époques distinctes : âge de la *pierre brute,* âge de la *pierre polie*) ;

2° *Age de bronze.* Durant cette deuxième période, l'homme a découvert et travaillé des métaux ; il sait unir le cuivre à l'étain et façonner des ustensiles et des outils précieux (des découvertes effectuées en Amérique nous permettent de parler d'un âge intermédiaire, l'*âge de cuivre,* pendant lequel les peuplades primitives employaient ce métal, qui s'offrait directement à eux à l'état natif) ;

3° L'*âge de fer* vient en dernier lieu et nous offre le spectacle d'une industrie plus avancée. Cette période est un pas immense réalisé par l'humanité, qui découvre alors le verre, invente les monnaies et tire de son intelligence la puissante conception de l'alphabet.

Ces termes pourraient impliquer des idées très fausses si on y attachait un sens trop absolu et si on supposait que la civilisation, caractérisée par l'emploi de ces diverses matières, était uniformément répandue à la surface du globe. A ces époques reculées, il existait entre les différentes nations des caractères bien tranchés, comme de nos jours, où nous voyons d'immenses étendues de continents peuplées par des races de l'âge de pierre (intérieur du Brésil, etc.) en même temps que l'âge de fer règne en Polynésie,[2] et l'*âge des armes à feu* en Europe. Quoi qu'il en soit, cette division n'en

subsiste pas moins, comme l'ont confirmé les géologues de la Suisse, en mettant au jour une nouvelle espèce de monuments qui mérite toute notre attention.

On comprend que les premiers hommes, cherchant à se garantir de l'attaque des bêtes féroces ou des surprises d'un ennemi, aient construit dans les pays lacustres qu'ils habitaient des demeures sur pilotis. Grâce à leurs canots, ils pouvaient se transporter facilement sur tous les points de la côte, et en même temps leurs maisons leur servaient d'habitation de pêche.

Peut-être aussi obéissaient-ils à cet invincible attrait exercé par les eaux sur tous les peuples, en construisant, comme le font aujourd'hui les habitants de la Nouvelle-Guinée,[1] des villages appuyées sur des pieux fichés au fond des lacs.

Les vestiges de ces mondes détruits sont assez nombreux pour qu'il soit possible de rebâtir par la pensée les cabanes lacustres de l'antique Helvétie. Un simple coup d'œil à travers l'eau suffit pour faire voir les pilotis rangés parallèlement ou plantés en désordre, les poutres noircies, les toits représentés par quelques couches de roseaux et de paille. Les pierres des foyers, les vases d'argile, les amas de mousse qui servaient de lit de repos, les armes grossières en silex, tout se retrouve enfoui dans le limon du lac.

La vue de ces restes de maisons primitives cause un vif étonnement quand on songe aux outils grossiers, aux haches de pierre qui seules ont servi au travail de leur construction. Il fallait façonner des outils en usant les pierres les unes contre les autres, et n'obtenir ainsi que de faibles ressources. Cependant les arbres étaient abattus, les troncs coupés, les poutres taillées

en pointe, les planches séparées, et bientôt les populations lacustres élevaient leur demeure au sein des eaux, les entouraient de palissades, d'esplanades ou de quais en bois, sur lesquels ils s'embarquaient à bord de canots légers. Ils creusaient en outre des fossés sur les rivages pour défendre leurs animaux domestiques des bêtes féroces ; ils élevaient leurs tombeaux et des monuments religieux sur les hauteurs et menaient de front la pêche, la chasse et la guerre. Ils cultivaient la terre et ne se servaient toujours que d'instruments d'os ou de pierre. Quelle patience il fallait pour fabriquer ces outils ou ces armes, pour les emmancher, pour les réparer ! La pierre ne pouvait être taillée que par la pierre ; on comprend difficilement comment ces infatigables ouvriers pouvaient donner le fini aux lames ou aux pointes de silex, surtout quand ils s'attaquaient aux substances les plus dures, telles que le cristal de roche.

La hache et les outils de pierre ont joué un grand rôle dans l'industrie primitive : c'est par monceaux qu'on les retrouve dans les terrains quaternaires[1] de tous les pays et dans les lacs de la Suisse. Leur forme, leur aspect, diffèrent suivant les nations, et les haches suisses se distinguent par des caractères particuliers. Il n'y a là rien qui doive nous surprendre ; les géologues ont reconnu depuis longtemps que le niveau des connaissances humaines n'était pas le même à la même époque dans les différentes régions de l'Europe. Le fleuve de la civilisation coulait alors avec une excessive lenteur, et des siècles s'écoulaient avant que le moindre progrès se propageât du midi de l'Europe dans les froides contrées du nord.

La hache n'est pas la seule arme des lacustres ; les

flèches en silex, qui devaient être assujetties à l'extrémité de solides roseaux, se sont rencontrées en France, en Angleterre, dans la Scandinavie[1] et sur les bords du Mississipi. Le fond des lacs de la Suisse fourmille parfois de cailloux aux arêtes vives, attestant que la fronde déjà connue était employée à lancer lès projectiles. Les lacustres, habiles dans l'art de la guerre, avaient imaginé des balles incendiaires formées de charbon et d'argile. Rougis au feu, ces boulets servaient à l'attaque; lancés sur les cabanes ennemies, ils en enflammaient le chaume; le feu ne tardait pas à gagner de proche en proche et à étendre ses ravages sur la colonie tout entière.

Malgré cet instinct guerrier, nous retrouvons dans l'intelligence rudimentaire de l'homme primitif l'instinct des douceurs[2] de la paix; il aime aussi à goûter les bienfaits dont l'agriculture et l'industrie sont une inépuisable source. Témoins[3] ces lames de silex, tranchantes et dentelées, ces couteaux et ces scies, ces meules à aiguiser, ces tranchets, ces aiguilles, qui ne sont plus les instruments de la destruction, mais bien les véritables armes du travail.

D'abord adonné à la pêche et à la chasse, comme l'attestent les débris de filets des lacs de la Suisse, l'homme ne tarde pas à se livrer à la culture; il s'entoure d'animaux domestiques; il boit le lait de ses troupeaux, se nourrit de leur chair, se revêt de leur dépouille. Il s'aperçoit que la terre ne refuse rien au labeur patient, qu'elle est généreuse envers celui qui sait lui[4] ravir les ressources dont elle abonde: immense progrès d'où découlent tous les autres. La culture des champs enfante l'abondance, et permet à l'homme de goûter les fruits du repos. Il les consacre à la méditation; ses bras cessent d'agir, mais sa pensée agit, l'intelligence s'éveille,

l'observation va[1] se révéler, l'art et les sciences qui en dérivent ne tarderont pas à naître.

Mais que d'incertitudes, que de tâtonnements pour conquérir quelque invention, pour ajouter une pierre au monument du progrès! Que de siècles ont dû s'écouler avant que l'homme ait atteint le premier degré de la civilisation, avant que son intelligence lui ait permis de s'élever au-dessus des animaux, dont la supériorité a d'abord été manifeste! Avant de savoir construire une demeure, l'architecture humaine a dû pendant longtemps rester bien inférieure à celle dont l'industrie des abeilles et des fourmis lui offrait un précieux modèle. L'homme n'a eu d'abord d'autre asile que celui des rochers et des grottes naturelles.

Une fois que la paix a succédé à la guerre, les conceptions de l'esprit engendrent sans cesse de nouveaux bienfaits; le commerce ne tarde pas à prendre naissance à côté de l'agriculture. Des objets de provenance lointaine, la néphrite[2] de l'ouest, l'ambre jaune de la Baltique,[3] l'étain du Cornouailles,[4] trouvés parmi les débris des cités lacustres, sont le témoignage des échanges organisés avec les peuples navigateurs, peut-être avec les Phéniciens,[5] qui, de si bonne heure, s'étaient imposé[6] la tâche d'explorer la surface du globe. A l'aurore des civilisations, ces hardis marins bravaient déjà les flots sur de simples barques et se jouaient des dangers de l'Océan; ils savaient se rendre maîtres de la tempête, et ne craignaient pas de l'affronter pour marcher à la conquête de pays lointains.

Le germe de toutes les facultés de l'intelligence se retrouve dans le cerveau de l'homme primitif; à l'apparition des sociétés, son esprit est déjà accessible à

l'imagination. L'homme paraît être né poète et artiste, et de nombreux échantillons de son art sont parvenus jusqu'à nous. A peine un outil grossier s'agite-t-il entre ses doigts, il l'emploie à la sculpture et au dessin; quelques os, quelques morceaux de schiste ou de phyllade[1] sont les premières toiles qu'il ébauche. La nature lui sert de modèle, et il se plaît à représenter des têtes de poisson, d'ours, de cerf, d'aurochs ou de bouquetin. Il creuse intérieurement les bois de cerf et les transforme en vases servant à boire; à défaut d'outils,[2] il se sert de ses mains et façonne avec de l'argile mêlée de quartz les poteries dont nous retrouvons presque partout les nombreux débris, comme les précieux témoins de la céramique à son enfance. Un peu plus tard, la pâte est façonnée au tour, séchée sous l'action des rayons solaires, et produit des vases d'une forme analogue à celle des poteries modernes. Quelquefois, des anses d'une certaine élégance, des dessins d'un goût incontestable achèvent l'objet d'art. La forme de ces poteries varie suivant les usages: amphores, vaisselle culinaire, vases aplatis destinés à être chauffés, rien ne fait défaut à ces antiques peuplades; il ne leur manque que les inutilités ruineuses des âges postérieurs, que les mille riens dont le luxe moderne a su faire des objets indispensables.

Cependant l'homme ne s'en est pas tenu[3] longtemps aux productions d'une industrie aussi naïve. Le besoin de se vêtir n'a pas tardé à dégénérer en besoin de se parer; quant à la coquetterie, elle a dû naître avec la première femme. D'abord nu, l'homme se couvre de peaux d'animaux rattachées par des fibres ligneuses, et dans la suite, les tissus succèdent à ces vêtements grossiers; il relève ses cheveux avec des épingles en os,

charge sa poitrine de nombreuses dents d'ours et passe des bagues d'ivoire à ses doigts. Des dents de chien, de renard ou de loup, des rondelles de coquillages sont d'abord percées pour former des colliers, et plus tard, la compagne de l'homme, ne trouvant pas ces objets dignes de rehausser ses attraits, se pare, après l'âge de pierre, d'agrafes, d'épingles, de colliers et de bracelets en bronze.

On ne sait pas ce que l'homme mangeait quand il est sorti des mains de la nature; on ignore s'il était herbivore ou carnivore, mais il est certain que l'habitude ou la nécessité l'ont rendu par la suite herbivore et carnivore. Les débris de la cuisine du Danemark, nous donnent avec une précision absolue le menu des festins primitifs. L'huître comestible est le fonds de la nourriture des hommes antéhistoriques; les poissons, les crustacés vulgaires, les oiseaux aquatiques, les canards et les coqs de bruyère, qui paraissaient souvent encore à leur table, nous donnent une assez bonne opinion de leur instinct gastronomique. Ils mangeaient aussi la chair de l'urus ou bœuf primitif, du cerf, du chevreuil, et du renne, et ne dédaignaient pas non plus la loutre, le phoque, le chat sauvage, le loup, le renard et le chien domestique. Les amas de coquilles du Danemark ne renferment pas de traces de céréales, ce qui nous donne à penser[1] que le pain était inconnu aux peuplades de ces régions. Les lacustres de la Suisse en faisaient certainement usage à la même époque: de nombreux débris d'espèces de céréales, entre autres de froment, sont là pour l'affirmer. Le lac Pfeffikon,[2] dans la Suisse orientale, a enfin fourni à la science du pain carbonisé et des débris de fruits de toute nature.

Nous ne voulons pas quitter la table de l'homme pri-

mitif sans constater qu'il soumettait à la cuisson la viande dont il se nourrissait; les cendres, le charbon, les os carbonisés retirés des dépôts sous-lacustres et des amas de coquilles du Danemark sont là pour l'affirmer. Quelques cavernes, renfermant des débris d'aliments sans aucune trace de feu, nous permettent de supposer que certaines peuplades ont pu manger la chair crue, comme le font aujourd'hui les Abyssins[1] et les Samoyèdes.[2]

L'étude des dépôts sous-lacustres de la Suisse nous apprend que presque tous les antiques villages de ces temps reculés ont péri par la destruction et l'incendie; que les fléaux de la guerre ont précédé les développements de la civilisation. Les peuples de l'Helvétie ont succombé sous les coups du plus fort, et les haches de pierre ont été brisées par les armes de bronze des nouveaux venus, qui se rendaient facilement maîtres des cités lacustres.

Les faits établis jusqu'ici nous enseignent les mœurs, les habitudes des premiers hommes; mais peuvent-ils nous permettre de fixer une date réelle à leur apparition et de mesurer le nombre de siècles qui nous séparent de nos premiers ancêtres?

Sir Ch. Lyell, en s'appuyant sur des autorités sérieuses, prétend que le Mississipi coule dans son lit actuel depuis mille siècles, et le docteur Dowler[3] assure, d'après l'examen de poteries et de sépultures indiennes, que le delta de ce grand fleuve est habité par l'homme depuis cinquante mille ans.

Ces appréciations sont évidemment imparfaites; il n'est pas douteux que les preuves manquent à leur appui. Les tentatives des géologues et des archéologues pour

estimer l'époque de l'âge de pierre, de bronze, sont aussi très incomplètes; cependant elles méritent de fixer l'attention, et font espérer dans la suite des résultats précieux. Le calcul le plus consciencieux est celui qu'a fait M. Morlot relativement au delta de la Tinière,[1] torrent qui se jette dans le lac de Genève. Ce delta est formé de sable et de gravier, et la régularité de sa structure permet d'admettre une uniformité constante dans la cause de sa production. Sa forme est celle d'un cône aplati dont la structure intérieure a été mise au jour par les travaux que nécessitait la construction d'un chemin de fer. Une tranchée pratiquée dans le sol a coupé à différentes profondeurs trois couches de terre végétale, dont chacune a dû former la surface du cône à des époques différentes. La première couche est de l'époque romaine et contient des tuiles et des médailles, la deuxième renferme des poteries non vernissées et des objets appartenant à l'âge de bronze, la troisième enfin, qui se trouve à six mètres de profondeur, recèle dans son sein des morceaux de bois carbonisés, des poteries grossières, des os brisés et un crâne petit et fort aplati. En admettant que la période romaine se place à seize ou dix-huit siècles en arrière, M. Morlot attribue à l'âge de bronze une ancienneté de 3,000 à 4,000 ans, et fait remonter l'époque de l'âge de pierre, en Suisse, à 5,000 ou 7,000 ans.

M. Troyon a fait d'autres calculs relatifs à l'âge de quelques pilotis de la Suisse, mais les raisonnements sur lesquels il prend un appui ne sont peut-être pas à l'abri de[2] toute critique. La distance qui sépare notre époque du commencement de l'âge de pierre ne nous est pas absolument connue; on peut affirmer toutefois qu'elle est considérable.

L'extrême ancienneté des restes humains dans les tourbières du Danemark apparaît encore d'une façon manifeste. Nous savons, en effet, que du temps des Romains, le sol du Danemark était entièrement couvert de grandes forêts, où le hêtre régnait en maître. De nos jours, ces arbres étendent encore leurs rameaux sur le sol du nord, ce qui démontre que dix-neuf siècles ne paraissent avoir exercé aucune influence appréciable sur la végétation de ces pays. Avant l'âge de bronze, il n'y avait pas de hêtres dans ces mêmes régions, alors couvertes de chênes; pendant l'âge de pierre, enfin, le pin d'Écosse étendait ses noirs ombrages sur le même sol, et ces antiques forêts étaient habitées par l'homme. Si l'on ne peut faire que de vagues conjectures sur le nombre des générations de chaque espèce d'arbre qui couvre successivement le sol du Danemark, on peut arriver cependant à fixer un minimum déjà considérable. Si dix-neuf cents ans n'ont pas sensiblement modifié ces forêts, quelle série de siècles n'a-t-il pas fallu pour que le pin ait cédé sa place au chêne, pour que le chêne ait disparu à son tour pour être remplacé par le hêtre?

L'étude des progrès de l'esprit humain ne nous apprend-elle pas encore que la civilisation marche d'autant plus vite qu'elle atteint un niveau plus élevé; ne nous montre-t-elle pas, par exemple, l'énormité du temps qui a dû s'écouler entre le jour où les hommes isolés ne connaissaient pas l'art d'échanger leur pensée, et celui qui a vu naître l'alphabet? L'invention la plus simple est souvent celle qui a exigé la plus grande continuité d'efforts les mieux soutenus, et ce n'est certes pas en un jour que s'est développée l'antique civilisation de l'Égypte. César nous fait voir[1] dans l'ancienne

Gaule tout un peuple de cultivateurs expérimentés, et tout un pays couvert d'abondantes moissons. Or, l'agriculture est une science de faits ; elle suppose de longues observations ; il a certainement fallu aux hommes une longue suite de siècles pour apprendre à devenir habiles dans l'art de creuser un sillon.

Tout, en un mot, nous tient le même langage sur la haute antiquité de notre espèce ; si des chiffres exacts ne sauraient s'inscrire dans les annales de la science, si nulle réponse ne peut être faite à une question de mesure précise, il nous est permis de dire avec conviction que l'humanité est déjà bien ancienne.

Nous savons que l'homme vivait bien avant les temps dits historiques, selon les pays, et qu'il taillait et façonnait des outils et des armes en silex ; mais nous n'avons rien vu jusqu'ici qui nous donnât sur sa constitution physique des détails précis. Les ressemblances nombreuses qui semblent rapprocher l'homme antéhistorique de quelques-uns de nos sauvages actuels ne pourraient-elles pas nous conduire à penser que ces sauvages sont peut-être les derniers représentants des peuplades qui couvraient autrefois la superficie des continents ? Les lacustres de la Suisse, les premiers habitants du Danemark, n'auraient-ils pas été refoulés dans le nord par des envahisseurs moins arriérés ? Les Lapons, chez lesquels on retrouve encore le renne, ne seraient-ils pas les descendants des hommes de l'âge de pierre en Europe ? Les analogies frappantes que l'on observe entre l'homme avant l'histoire, dévoilées par la paléontologie moderne, et certains sauvages actuels étudiés par les anthropologistes, ne doivent pas rester inaperçues. De même que le solitaire,[1] le dronte,[2] qui ont vécu dans les périodes

historiques et ont disparu sous les yeux même de l'homme civilisé, la race humaine des temps antérieurs ne serait-elle pas représentée de nos jours par les sauvages, qui tendent à disparaître de la scène du monde. La comparaison des crânes humains fossiles avec ceux des naturels qui habitent encore aujourd'hui quelques régions du globe, nous paraît donner grand poids à cette hypothèse.

XXV. NOTIONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

Il y a un siècle, l'électricité n'était encore considérée que comme sujet de curiosité et d'amusement. Les faits nombreux que l'on connaissait déjà restaient isolés les uns des autres. La machine que l'on savait construire servait seulement à répéter des expériences qui paraissaient d'autant plus extraordinaires qu'elles étaient moins comprises. Les hommes du monde, et même les savants, sollicitaient la faveur d'être admis à ces sortes de spectacles. L'abbé Nollet,[1] professeur des pages, Dufay,[2] intendant du Jardin royal, et beaucoup d'autres, dont le principal soin était de varier continuellement la forme des expériences primitives pour apercevoir quelques faits nouveaux, rassemblaient parfois leurs amis. Ils les réunissaient dans de grandes chambres vides et à demi obscures. Des appareils étranges et ignorés attiraient les regards; là, avec de minutieuses précautions et des réticences forcées, les savants et les hommes du monde dissertaient sur l'électricité. On apprenait que de tous les objets, et du corps humain même, pouvaient jaillir des étincelles de feu; l'assemblée entière recevait une secousse plus ou moins violente, que l'on

comparait aux formidables effets de la foudre. Lorsqu'on se retirait émerveillé de toutes ces choses, l'imagination surexcitée agrandissait tous ces phénomènes ; l'esprit, que rien n'arrêtait, se donnait carrière sur[1] ces notions vagues et confuses ; et, en même temps, au dehors, dans la multitude, se répandaient des croyances superstitieuses.

Un jour, dans une de ces réunions d'amateurs d'expériences électriques, se passa un fait étrange et qui eut les plus grandes conséquences.

C'était en 1790, à Bologne,[2] dans le laboratoire de Galvani,[3] professeur d'anatomie à l'université de cette ville. Ce savant s'occupait en ce moment de l'étude des grenouilles ; quelques-unes, déjà dépouillées, avaient été placées sur la table de la machine électrique, et un des assistants s'amusait à faire tourner la roue et à tirer des étincelles, sans se préoccuper des grenouilles. Quel ne fut pas l'étonnement de tous lorsqu'ils virent, à chaque étincelle, les muscles de l'animal mort et dépouillé agités de violentes convulsions ! Galvani se mit aussitôt à étudier ce fait et à rechercher les conditions dans lesquelles se produisaient ces secousses singulières.

Un physicien, qui aurait connu la théorie de la foudre, telle que venait de la donner Franklin,[4] eût immédiatement expliqué ce fait et n'y eût plus pensé. Mais Galvani était surtout anatomiste, il ne connaissait pas l'explication du choc en retour.[5] Il poursuivit donc ses études.

Il voulut d'abord observer l'action de l'électricité de l'air sur l'organisme animal.

Un jour, le ciel étant nuageux, il suspendit à son balcon une grenouille dépouillée. Ce balcon était en fer, et Galvani s'était servi d'un fil de cuivre. Quelle ne fut pas encore sa surprise quand il vit les muscles de ce cadavre

éprouver des contractions très violentes aussitôt qu'ils venaient de toucher le fer du balcon! Ainsi donc, sans production apparente d'électricité, par cela seul que la grenouille, attachée avec un fil de cuivre, touchait le fer, les contractions musculaires étaient bien plus énergiques que lorsque la machine électrique agissait. A la nouvelle de cette expérience, toute l'Europe savante partagea l'étonnement et l'émotion du professeur de Bologne. On comprenait que de là devait sortir bientôt quelque grande découverte.

Les savants se mirent à l'œuvre. Ils répétèrent l'expérience et en cherchèrent l'explication. Galvani prétendait que les muscles et les nerfs des animaux sont des réservoirs de fluides électriques. Isolés dans ces organes, disait-il, les fluides ne peuvent se combiner que si un circuit métallique leur offre une route, et c'est cette combinaison des fluides qui produit les secousses. Les physiologistes applaudirent à cette théorie: la vie était expliquée; l'électricité devenait l'agent qui transmettait la volonté aux muscles. Hypothèse aussi séduisante qu'éphémère, car elle ne reposait que sur la conception de fluides électriques, mots vides de sens!

Pour reproduire l'expérience de Galvani, on enlève le train antérieur de la grenouille; en écorchant la partie abdominale, on met à nu[1] les nerfs lombaires, deux filets blanchâtres qui suivent la colonne vertébrale; puis, avec un arc formé d'une tige de cuivre et d'une tige de zinc, on touche à la fois les nerfs lombaires et les muscles de la cuisse. A chaque contact, les muscles se contractent et s'agitent; on dirait que cette moitié d'animal reprend vie et veut sauter. Ces convulsions peuvent être ob-

servées quelques heures après que la grenouille a cessé de vivre.

Galvani, dans son explication, n'avait tenu compte que des nerfs et des muscles; le circuit métallique n'était qu'accessoire.

Un professeur à Pavie,[1] Alexandre Volta,[2] reconnut, comme Galvani l'avait déjà fait du reste, que les contractions étaient très faibles quand le circuit était composé d'un seul métal. Il attribua donc le développement de l'électricité au contact de deux métaux différents, ou du moins à la rencontre du métal avec les nerfs ou le muscle. C'est, affirmait Volta, seulement parce que deux substances différentes, quelles que soient du reste ces substances, sont en contact, qu'il y a dégagement d'électricité; la grenouille ne sert qu'à manifester ce dégagement.

Un débat mémorable s'engagea alors entre ces deux savants. Chacun soutint son explication et voulut l'étayer sur des faits nouveaux. Et c'est ainsi que Volta construisit la pile, de toutes les découvertes modernes la plus féconde en résultats.

Il avait édifié sa théorie: son esprit, absorbé par cette idée, y revenait sans cesse, cherchant le moyen de confirmer ses assertions par des preuves concluantes. Il était alors embarrassé par un fait dont il ne pouvait se rendre compte. Il avait mis en contact deux disques, l'un de zinc, l'autre de cuivre, et sur chacun de ces métaux il avait reconnu la présence de l'électricité; mais tous deux étaient électrisés de la même façon, tandis que, d'après sa théorie, ils auraient dû l'être[3] de la façon inverse.

Un jour, ainsi qu'il le dit dans ses lettres, il lisait un

journal. Malgré lui, son attention ne pouvait s'attacher à sa lecture, sa pensée se reportait sans cesse vers le phénomène inexplicable. Machinalement, ayant détaché un coin du journal et l'ayant mis à sa bouche, il lui vint la fantaisie d'employer à son expérience ce petit morceau de papier humide. Obéissant à cette inspiration, il prit ses disques, et plaça le papier humide sur l'appareil qui lui servait à désigner la nature de l'électricité. La difficulté était vaincue, chacun des métaux était électrisé d'une manière différente.

Il comprit alors son erreur. Jusqu'alors, pour reconnaître l'électricité d'un disque, il le mettait en contact avec du laiton qui est du cuivre presque pur. Le cuivre touchant le laiton, deux substances semblables étaient en contact; le zinc touchant le laiton, les deux métaux étaient différents, et le couple primitif, zinc-cuivre, était reproduit. Volta, qui croyait étudier chaque métal séparément, n'observait en réalité que le cuivre. Mais, en touchant le laiton par l'intermédiaire du papier humide, il ne faisait pas intervenir un troisième métal, et rentrait dans les conditions exigées par sa théorie.

Dès lors, la pile était inventée. Volta prit une série de deux disques, en cuivre et en zinc, soudés l'un à l'autre. Il sépara ces couples par une rondelle de drap imbibée d'eau acidulée; il les empila en les superposant. Les quantités d'électricité qu'il retira de cet appareil furent assez grandes pour produire des commotions et même des étincelles; ces effets furent obtenus d'une façon continue, sans qu'on eût besoin de recharger continuellement la pile comme on devait le faire[1] avec la machine électrique (1800).

Jusqu'au moment où Volta construisit la première pile,

on produisait l'électricité en quantité parfois très grande, mais toujours d'une manière très discontinue ; de sorte qu'on ne pouvait en tirer aucun avantage. Il était possible, à la vérité, d'en accumuler de grandes quantités dans des appareils spéciaux, qu'on nommait *bouteilles de Leyde*[1] ou *jarres électriques ;* mais le fluide, ainsi qu'on l'appelait encore, disparaissait tout entier aussitôt qu'on lui ouvrait un passage, et par suite ne pouvait pas être utilisé. A quel usage mécanique, par exemple, pourrait-on employer une source qui fournirait 1 litre d'eau d'heure en heure,[2] si le réservoir, dans lequel on cherche à accumuler le liquide, présente une bouche d'écluse[3] assez grande pour que toute l'eau disparaisse en un instant ? Une force qui agit par intermittence et par choc[4] ne peut donner aucun travail utile ; il est de toute nécessité[5] que la machine reçoive du moteur un mouvement continu et constant. La pile de Volta, en permettant de produire une quantité d'électricité très faible, il est vrai, mais toujours renouvelée, devint immédiatement un des appareils les plus importants qui aient jamais été découverts.

Toutefois, dans la disposition que Volta avait adoptée, la pile tarissait rapidement, semblable à une source d'abord très abondante, mais bientôt épuisée. On s'attacha donc à modifier ce générateur d'électricité, de façon que le débit en pût devenir constant et continu. Un grand nombre de savants, Wollaston,[6] Münch, Volta lui-même, cherchèrent à perfectionner la pile, en en changeant seulement la forme, tout en conservant les éléments primitifs : zinc, eau acidulée et cuivre. Mais ce fut M. Becquerel[7] qui, en 1829, parvint le premier à construire une pile débarrassée des nombreux inconvé-

nients de l'appareil primitif et présentant même de nombreux avantages. Cette découverte, remarquable au même titre que[1] celle de Volta, dont elle est un complément indispensable, est naturellement revendiquée par plusieurs physiciens. Il est cependant très établi que l'honneur doit en revenir à M. Becquerel, lequel, en partant d'idées théoriques très justes, trouva les vices de la pile de Volta, et, pour les corriger, construisit un nouveau modèle, que l'on appela aussitôt *pile à deux liquides* ou à *courant constant.*

Dans une étude longue et minutieuse des différents phénomènes qui produisent l'électricité, M. Becquerel signala les actions chimiques comme étant un des plus importants, et il put même formuler cet axiome: *Toute action chimique est accompagnée d'un dégagement d'électricité.* La théorie de la pile, telle que la faisait Volta, en prétendant que le contact seul des métaux différents produisait le courant électrique, était donc complètement fausse. C'est l'action chimique de l'acide sur le zinc qui occasionne le courant; telle fut désormais la véritable explication de la pile, sur laquelle les expériences de M. Becquerel, puis de M. de la Rive,[2] de Genève, ne laissent plus aucun doute.

Chacun sait que, dans l'action corrosive de l'acide sulfurique sur le zinc, un gaz, l'hydrogène, se forme et se dégage le long du cuivre. Ce gaz, produit en bulles excessivement fines, reste adhérent sur le métal, de sorte que bientôt le disque de cuivre est entouré d'une gaine aériforme, très mince, invisible, mais suffisante pour empêcher le contact du métal et du liquide et arrêter l'action chimique. C'est là un des inconvénients de la pile de Volta. Au bout d'un temps fort court, le cou-

rant électrique diminue rapidement et cesse tout à fait ; il faut alors démonter la pile, chauffer les disques pour enlever cette couche gazeuse, puis recharger l'appareil à nouveau.

Pénétré de ces défauts qu'il avait bien analysés, M. Becquerel proposa de détruire l'hydrogène au fur[1] et à mesure de sa formation. Il indiqua plusieurs moyens qui réussirent tous et qui aidèrent à en trouver d'autres plus pratiques et plus simples. La pile construite par M. Becquerel n'est pas restée, non plus que celle de Volta, tandis que, plus heureux que lui, la plupart de ceux qui ont suivi ses traces ont donné leur nom à des appareils dont on se sert encore. Il suffit pour le moment de savoir que le courant électrique est produit par l'action corrosive du vitriol sur le zinc, et que le gaz hydrogène, dégagé dans cette action, est absorbé à travers un vase poreux par un second liquide dans lequel est placé le cuivre ou la substance remplaçant ce métal.

L'électricité à elle seule[2] nous est inutile : ce qui nous intéresse, c'est la lumière qu'elle produit, c'est la décomposition galvanique[3] qu'elle occasionne. De sorte que nous ne devons pas considérer l'électricité comme étant un agent indépendant et distinct, mais comme ayant emmagasiné de la force vive qu'elle rendra sous la forme que nous préférons. Comme nous ne pouvons pas obtenir un effet quelconque sans nous soumettre à une dépense équivalente, nous pouvons dire que l'électricité est une sorte de travail disponible, avec lequel nous ferons quelques ouvrages particuliers.

Comparons donc les agents mécaniques ordinaires, ceux qui nous rendent tant de services, et que nous connaissons bien, avec cette forme nouvelle de l'énergie dont

la nature est inconnue, mais dont les effets sont a peu près dépendants de notre volonté.

Pour qu'une source d'eau produise un effet mécanique utile, elle doit présenter deux qualités distinctes: il faut d'abord qu'elle ait un débit suffisant, c'est-à-dire que l'eau arrive à la machine motrice en quantité assez grande pour agir sur cette machine; et il faut aussi que cette eau conserve le plus haut niveau possible. Ces deux qualités sont aussi indispensables l'une que l'autre. Que ferait-on de 1 litre d'eau arrivant par heure à une grande hauteur? Rien, le niveau seul ne suffit pas pour obtenir un effet utile. De même que ferait-on d'une grande masse d'eau stagnante? Rien encore, la quantité ne suffit pas seule: et la mécanique nous apprend que le travail que peut effectuer une masse d'eau est égal au produit de cette masse par la hauteur dont elle tombe.

De même une source de vapeur d'eau, c'est-à-dire l'eau qui bout dans une chaudière, doit présenter deux qualités essentielles et distinctes: la vapeur doit être produite en assez grande quantité pour agir sur le piston de la machine; et elle doit en outre avoir une pression la plus élevée possible, pour produire la détente. Dans une vapeur, la pression dépend de la température, de sorte que plus la température est haute, plus la pression de la vapeur est élevée. Il faut donc considérer dans la vapeur deux choses: la quantité et la température. On ne peut faire aucun travail utile avec la masse de vapeur d'eau contenue dans l'air, puisqu'elle n'est pas à la température suffisante; on ne peut faire davantage aucun travail avec la vapeur d'eau qui se dégage d'une marmite bouillant sur le feu, bien que la température soit

assez élevée ; mais la quantité de vapeur produite n'est pas suffisante.

Ces deux éléments sont essentiels, et quand on établira une machine à vapeur, ou une machine hydraulique, il faudra calculer exactement la quantité de vapeur ou d'eau qui sera constamment fournie, et la température ou le niveau dont cette vapeur ou cette eau tombera en produisant son travail.

Il est de même pour l'électricité : il faut qu'une source électrique présente les deux qualités essentielles, analogues à celles que nous venons de trouver pour les agents matériels, et qui sont nécessaires pour la production d'un travail mécanique quelconque. Ces deux qualités particulières s'appellent, dans le cas de l'électricité, le *potentiel* et la *quantité*. Comme ces mots sont nouveaux, il est utile de les expliquer avec quelques détails.

Le potentiel, qu'on appelle quelquefois le *niveau* ou la *température électrique,* est caractérisé par la longueur de l'étincelle. Un corps électrisé, qui serait capable, si on le déchargeait, de donner une étincelle de 1 millimètre, est à un certain potentiel, connu, déterminé, et dont on trouve la valeur exacte dans les tables construites par divers savants, exactement comme une vapeur d'eau à 150 degrés est à une pression connue.

Mais si l'on regarde bien[1] l'étincelle, on voit qu'elle est tantôt brillante, blanche et en même temps sonore, éclatante ; tantôt au contraire elle est bleuâtre, à peine visible, et elle produit un crépitement à peine perceptible. Si la longueur de l'étincelle est la même, le potentiel est resté le même, quelles que soient la couleur et la sonorité de la décharge. Par quoi diffèrent donc ces deux étincelles de même longueur ? Elles diffèrent par la *quantité*

d'électricité qu'elles mettent en jeu. Plus grande sera la quantité d'électricité qui aura passé par l'étincelle et[1] plus brillante en même temps que plus sonore sera cette étincelle.

Pour bien[2] apprécier les effets d'un courant d'eau, il faut connaître exactement la différence de niveau à laquelle l'eau est fournie et le débit de la source; mais ces éléments qui caractérisent la source ne sont pas suffisants; il faut connaître encore différents éléments qui dépendent du canal amenant l'eau à la machine: les pertes que ce canal fera subir au courant d'eau, le retard que l'eau éprouvera pour venir de la source au moulin, etc.

Nous avons déjà envisagé deux des éléments qui constituent le courant électrique. Mais il faut considérer aussi ce qui caractérise le canal qui amène l'électricité jusqu'au point où elle fera son travail utile. La quantité d'électricité qui passe dans un canal est déterminée par la différence de niveau occasionnée par la source, et par la *résistance* que cette électricité éprouve de la part du canal, résistance qui est d'autant plus grande que le fil est plus long, plus étroit, etc. . . . *L'intensité* du courant, mesurée par la quantité d'électricité qui passe, est donc reliée à la différence du niveau de la source et à la résistance du fil par une loi très simple, qui a été trouvée en même temps par Ohm[3] en Allemagne et par Pouillet[4] en France.

On peut considérer aussi dans un canal un élément particulier, la *capacité,* qui n'est autre chose que la quantité d'électricité que ce canal tout entier peut contenir à la fois. Tous les corps ont une capacité électrique; mais cette capacité n'est pas un élément fixe, invariable, constant pour un même corps. C'est là une des grandes difficultés des études sur l'électricité, et des mesures que

l'on est obligé de faire. La capacité d'un corps varie avec sa forme, et surtout avec les corps avoisinants : elle est plus grande quand les corps qui avoisinent le conducteur électrique se rapprochent et quand ils sont en rapport avec le sol. On voit tout de suite combien sont compliquées les conditions dans lesquelles il faut se placer pour avoir des mesures précises et sûres.

Cette variation de la capacité électrique des corps avec les corps avoisinants, explique ce qu'on appelait autrefois la *condensation* électrique. On sait qu'un *condensateur,* ou une *bouteille de Leyde,*[1] est formé d'un plateau métallique isolé qu'on électrise, d'un autre plateau métallique qui est en relation avec le sol, et d'un disque de verre qui sépare les deux plateaux métalliques, tout en laissant leur distance très petite. On s'est aperçu depuis longtemps que cet ensemble de corps peut recevoir une charge électrique bien plus forte que si le plateau était électrisé seul ; et on avait édifié une théorie compliquée en inventant le mot *condensation* pour expliquer le jeu de cet appareil. Sans vouloir faire ici la théorie complète des condensateurs, on voit que le plateau électrisé, voisin d'un autre plateau relié au sol, possède une capacité électrique beaucoup plus grande ; et par conséquent sa charge a considérablement augmenté.

La notion de *capacité* est essentielle à connaître pour l'étude des câbles sous-marins et des lignes télégraphiques : car elle donne des indications très sérieuses sur l'état de la ligne, sur sa constance, et même sur sa résistance, etc.

Il y a deux sortes d'électricité, c'est-à-dire que les différents phénomènes qui distinguent les corps électrisés des autres corps se manifestent de deux façons diffé-

rentes. Que l'on frotte par exemple avec un morceau de laine un tube de verre ou un bâton de résine, les deux corps seront électrisés, ils attireront tous les deux des corps légers, barbe de plume, moelle de sureau, brin de paille, etc.; ils donneront l'un et l'autre la sensation d'un léger chatouillement sur la joue, et s'ils ont été fortement frottés, ils pourront produire une petite étincelle: ce sont là les phénomènes qui caractérisent les corps électrisés. Mais si l'on observe attentivement, on verra que lorsqu'une boule de moelle de sureau a été suspendue à un fil de soie, pour qu'elle n'ait aucun contact avec les corps environnants, lorsqu'elle a été attirée et touchée par le bâton de résine, elle est aussitôt repoussée par cette même résine et au contraire fortement attirée par le verre. Voilà donc un corps électrisé, puisqu'il a touché une substance électrisée elle-même, conservant son électricité, puisqu'il n'est en rapport avec aucun autre corps, et se conduisant différemment suivant l'objet qu'on lui présente: attiré par le verre, il est repoussé par la résine; repoussé par le premier, il est de même attiré par le second. Ces phénomènes très nets ont été vus par les premiers observateurs. Ils pouvaient en donner telle explication qu'ils voulaient, puisqu'ils étaient réduits à faire des hypothèses.

On a donc supposé qu'il y avait deux sortes d'électricité, ayant quelques propriétés communes, et quelques manières d'être différentes. On a vu que les corps chargés préalablement d'une même électricité se repoussaient et que les corps chargés d'électricité différentes s'attiraient. Aussitôt on a fait je ne sais quelle[1] hypothèse de deux fluides, libéralement doués de propriétés aussi commodes que nombreuses, auxquels on a donné des

noms comme s'ils avaient une existence réelle, l'un fluide positif, l'autre fluide négatif ; mais il ne faut pas oublier[1] que ces fluides sont des substances fictives, et que ces mots ont été imaginés pour exprimer d'une façon moins abstraite le fait primitif pour lequel ils ont été inventés.

Dans une pile quelconque, les deux électricités se produisent en même temps. Elles se séparent l'une de l'autre ; et chacune d'elles vient s'accumuler en un point particulier, lequel est semblable à l'écluse fermant le réservoir d'eau qui fait tourner le moulin. On a donné à ces points particuliers le nom de *pôles*. L'un est le pôle négatif, l'autre le pôle positif. Lorsqu'on réunit ces deux points par un morceau de métal, il s'établit entre eux un courant continu d'électricité. Quelle que soit la nature du conduit métallique, quelle qu'en soit la forme ou la longueur, aussitôt que les pôles seront réunis, toujours le courant se produira. Mais si l'on coupe le fil qui forme le circuit, si on laisse un vide entre les deux bouts, le courant est interrompu et ce n'est plus qu'aux extrémités mêmes du fil, lesquelles deviendront ainsi les pôles, qu'apparaîtra l'électricité. Ainsi donc, chose essentielle, il est nécessaire que les deux pôles d'une pile soient réunis métalliquement, pour que le courant électrique se produise, et pour que la pile fonctionne.

Ainsi développée et voyageant entre les deux pôles, l'électricité manifeste son existence par une série de phénomènes qui ont tous été soigneusement étudiés, et que l'on a transformés de façon à[2] les rendre utiles aux hommes et à les accommoder à notre usage. En variant à l'infini les conditions dans lesquelles se produisent ces manifestations du courant électrique, on est parvenu à

se rendre maître de quelques-unes d'elles, de sorte que l'on sait maintenant, à peu près, les dispositions les meilleures qu'il faut prendre pour faire apparaître tel phénomène plutôt que tel autre. On sait, par exemple, que lorsque les deux pôles d'une pile sont très rapprochés,[1] sans qu'ils se touchent, il jaillit entre eux une série d'étincelles faibles et bleuâtres, et cette étincelle, bien étudiée, transformée par des dispositions spéciales, rendue brillante au moyen de certains artifices, est devenue la lumière électrique.

XXVI. NOTIONS SUR LE TÉLÉPHONE

Le téléphone fit sa première apparition à l'Exposition de Philadelphie, en 1876, mais ce n'est qu'en 1877 que des expériences publiques furent faites à Boston, avec le merveilleux instrument qui permet de transmettre la parole à de grandes distances.

La découverte du téléphone causa dans le monde savant une vive surprise, car bien peu de recherches antérieures dans le domaine de l'acoustique avaient fait prévoir une invention aussi extraordinaire.

On savait depuis longtemps que si l'on place l'oreille sur une poutre placée horizontalement, tandis qu'à l'autre extrémité de la poutre quelqu'un frappe légèrement avec la tête d'une épingle, on entend un bruit assez fort, dont la sonorité dépend de la longueur de la poutre, de la nature du bois et de la force du choc.

On savait encore que le bruit du canon s'entend à une grande distance quand on applique l'oreille contre le sol, et que le son peut se transporter d'une extrémité à l'autre

d'un tuyau métallique de plusieurs kilomètres de longueur, sans rien perdre de son intensité.

Vers 1837, on découvrit qu'une tige métallique, quand elle est aimantée et désaimantée rapidement, émet des sons, lesquels sont en rapport avec le nombre des émissions des courants qui les déterminent. C'est ce qu'on appela la *musique galvanique*. Ce fut là le prélude de découvertes sérieuses dans la voie de la téléphonie.

L'auteur de la découverte de la *musique galvanique* était un physicien américain, le professeur Page.[1]

On sait que les notes de musique dépendent du nombre de vibrations imprimées à l'air, et que les notes ne sont perceptibles par notre oreille que quand le nombre des vibrations surpasse seize par seconde. Page reconnut que si les courants qui parcourent un électro-aimant[2] sont établis et interrompus plus de seize fois en une seconde, les vibrations sonores transmises à l'atmosphère par le barreau aimanté engendrent des sons, en d'autres termes produisent la *musique galvanique*. Ce curieux résultat provient de ce que l'air est mis en vibration par le barreau de fer, qui se déforme chaque fois qu'il reçoit ou perd son aimantation.

De la Rive[3] augmenta l'intensité des sons qu'avait su produire Page en employant de longs fils métalliques qui étaient soumis à une certaine tension et qui traversaient l'axe de bobines d'induction entourées d'un fil métallique isolé.

En 1847 et en 1852, des *vibrateurs électriques* furent construits par MM. Froment et Petrina, afin de produire des sons musicaux par le courant électrique. Mais ce fut seulement en 1854 qu'un physicien français, M. Charles Bourseul, vint démontrer la possibilité de

transmettre la parole à distance, sous l'influence de l'électricité.

Cette idée ne fut pas prise au sérieux par nos savants, mais vingt ans après elle était appliquée en Amérique avec un succès inattendu, et apportait la solution du problème de la transmission des sons à distance.

Vers 1875, on vendait à Paris, pour 50 centimes,[1] un appareil grossier, à l'aide duquel on se parlait presque à voix basse,[2] à une distance de dix mètres environ. Cela s'appelait le *télégraphe à ficelle,* et les savants n'y accordaient aucune attention. Tout se réduisait à deux embouchures en carton, reliées entre elles par une ficelle attachée au fond de chaque embouchure. Ce fond était une membrane de parchemin. Une personne parlait en appliquant l'une de ces embouchures entre ses lèvres, tandis qu'une seconde personne plaçait l'autre embouchure contre l'oreille, en ayant soin de tenir la ficelle bien tendue. Les paroles étaient ainsi transmises assez facilement.

La création du téléphone fut préparée par la construction de quelques appareils, au jeu plus ou moins efficace,[3] qui permettaient de transmettre à distance les sons musicaux à l'aide d'un courant électrique établi et interrompu rapidement selon la découverte du professeur Page.

Le premier téléphone transportant à distance un air de musique, fut construit, en 1861, par Philippe Reiss,[4] physicien allemand. Philippe Reiss disposa un diaphragme de manière que ses vibrations pussent établir et interrompre rapidement un circuit voltaïque.[5] Il prenait une caisse en bois, y plaçait le diaphragme en rapport avec le circuit voltaïque et parlait ou chantait devant une embouchure de la caisse. Le son de la voix produisait dans le diaphragme des vibrations rapides, et chacune

de ces vibrations établissait ou interrompait le contact avec le fil du courant, contact composé d'une pointe de platine. Le courant fourni par une pile était ainsi interrompu à chaque vibration du diaphragme, ce qui donnait autant d'aimantations et de désaimantations d'un électro-aimant[1] lié au diaphragme. Tout son produit dans la caisse faisait vibrer le diaphragme et faisait vibrer également l'électro-aimant, lequel reproduisait le son.

Mais cet appareil ne reproduisait que des sons isolés, des sons musicaux. Il ne transportait à distance que de la *musique galvanique*. Il restait à découvrir la transmission de la parole, c'est-à-dire le *téléphone*.

C'est à un physicien, anglais d'origine, mais naturalisé américain, M. Graham Bell,[2] qu'est due la découverte du *téléphone*.

M. Graham Bell affirme que cette invention a été le résultat de ses longues et patientes études et expériences sur les vibrations sonores. Son père, Alexandre Melville Bell,[3] d'Édimbourg, qui avait étudié sérieusement la physique, était parvenu, à ce qu'il nous assure,[4] à reproduire artificiellement la disposition du larynx humain. Son fils se joignit à lui, pour continuer ces recherches, en profitant des travaux de M. Helmholtz.[5]

La construction d'un *harmonica électrique à clavier* fut le premier résultat de l'application de l'électricité aux instruments d'acoustique. M. Graham Bell voulut ensuite faire rendre des sons au télégraphe électrique Morse[6] par l'effet d'un aimant artificiel agissant sur des contacts sonores. Ce système était déjà usité dans la télégraphie; M. Graham Bell voulait l'appliquer à son harmonica électrique, en faisant usage d'appareils renforceurs. Mais cette idée se trouva réalisée presque en même temps par

plusieurs autres inventeurs, par MM. Paul Lacour,[1] de Copenhague, Elisha Gray,[2] de Chicago, Edison[3] et Varley.[4]

Dès ce moment, M. Graham Bell s'occupa activement de recherches sur les téléphones électriques, en passant des appareils compliqués aux appareils simples. De perfectionnement en perfectionnement il en arriva aux dispositions qui sont actuellement adoptées pour le téléphone.

En 1876, on vit à l'Exposition de Philadelphie le premier modèle du *téléphone* de M. Graham Bell. Cet appareil excita une curiosité générale, comme il est aisé de le comprendre. En effet, il reproduisait véritablement la parole, en approchant seulement l'oreille de l'embouchure. C'était là un véritable miracle de l'acoustique.

En 1877, M. Graham Bell démontra, par des expériences publiques, la réalité de sa découverte. Il installa son téléphone à Boston, et en se servant du télégraphe électrique, il put entretenir une conversation avec une personne placée à l'autre extrémité du fil, à Malden,[5] à la distance de 9 kilomètres. Un pianiste exécuta à Malden un morceau qui fut entendu à Boston, et une cantatrice fit entendre[6] un air, la *Dernière rose d'été,* qui produisit un grand effet sur l'auditoire de Boston.

M. Graham Bell exposa ensuite son appareil à Salem. La distance de cette ville à Boston est de 22 kilomètres. A Boston on entendit très nettement les paroles prononcées par M. Bell à Salem. Pour cela, une personne, à Boston, n'eut qu'à s'approcher du petit appareil, en forme de boîte allongée, au fond duquel les vibrations étaient imprimées par la voix à une armature en fer donnant naissance à des ondes sonores, lesquelles, grâce au fil télégraphique, transportaient à la station d'arrivée

les mots articulés à la station du départ. Les assistants de Salem entendirent, quelques instants après, les sons et les paroles envoyés de Boston et firent retentir la salle d'applaudissements enthousiastes.

Le téléphone, tel que M. Graham Bell l'a imaginé, en 1877, se compose d'une petite boîte circulaire en bois, portée par un manche également en bois, et contenant un barreau aimanté, lequel peut avancer ou reculer au moyen d'une vis. Une bobine magnétique est fixée à l'extrémité libre du barreau. Les bouts du fil de cette bobine aboutissent à l'extrémité inférieure du manche, par deux tiges de cuivre, qui traversent le manche dans toute sa longueur, pour venir se relier à deux boutons d'attache[1] où sont fixés les fils du circuit.

La lame vibrante est en fer, revêtu d'étain. Elle est placée au-dessus de l'extrémité polaire du barreau aimanté. Sa forme est celle d'un disque dont les bords sont appuyés sur une bague en caoutchouc, qui le fixe fortement sur le contour de la boîte, laquelle est formée de deux parties s'ajustant l'une sur l'autre. La lame vibrante doit être le plus près possible de l'extrémité de l'aimant, mais pas assez pour entrer en contact[2] avec lui sous l'action des vibrations de la voix.

Quand on parle dans l'embouchure, les vibrations résultant de l'émission de la voix provoquent dans la lame de fer des vibrations correspondantes. Les mouvements de cette lame font naître dans la bobine des courants semblables, lesquels se transportent le long du conducteur, et s'écoulent par les fils conducteurs.

L'appareil que nous venons de décrire est le *transmetteur*. Un autre appareil, en tout semblable, est placé à la station où l'on veut transmettre le son. Ce dernier

appareil, qu'on nomme le *récepteur*, reçoit des impressions vibratoires identiques à celles qu'a déterminées la voix à la station du départ et ces mêmes vibrations sonores reproduisent les paroles prononcées dans le *transmetteur*.

Ces deux appareils forment un circuit fermé avec les deux fils qui les relient, mais un seul fil suffit pour opérer la transmission, si l'on fait communiquer les deux appareils avec la terre.

Peu d'inventions modernes se sont répandues avec autant de promptitude et sont entrées aussi rapidement dans la pratique que le téléphone. C'est en 1876, avons-nous dit, que le premier téléphone fit son apparition à Philadelphie. Cinq années à peine après son invention, le téléphone était déjà mis en usage en Amérique; et, en 1882, la France, l'Angleterre et presque tout le continent européen établissaient dans les villes principales une correspondance au moyen du téléphone.

La téléphonie avait un dernier pas à franchir. Il fallait envoyer la parole à de grandes distances, c'est-à-dire d'une ville à une autre très éloignée. Ce dernier progrès a été réalisé. En 1886, une correspondance téléphonique a été établie de Bruxelles[1] à Paris, puis de Bruxelles à Berlin. Reims,[2] Rouen[3] et le Havre[4] ont été mis en communication avec Paris, en 1887, par une ligne téléphonique.

Pour établir une ligne téléphonique, on tend, d'une ville à l'autre, un fil composé d'un alliage très conducteur[5] de l'électricité et très résistant: le *bronze siliceux*,[6] c'est-à-dire le bronze allié à une certaine quantité du métal connu sous le nom de *silicium*, radical de la silice.

Un fil de *bronze siliceux* a été tendu le long des lignes

ferrées[1] de Bruxelles à Paris, de Bruxelles à Berlin, etc., sur des supports particuliers, distants des supports des fils du télégraphe électrique; et comme les courants qui parcourent les conducteurs télégraphiques influent et troublent les courants téléphoniques, on a eu le soin de placer le fil téléphonique à un éloignement des fils de télégraphie électrique suffisant pour qu'aucune influence perturbatrice ne soit exercée de l'un à l'autre.

XXVII. L'AUTOMOBILE

1. *La Voiture Darracq.* — Parmi les nouveautés que l'Exposition de 1899[2] offrit aux amateurs de l'automobilisme, il faut signaler la voiture Darracq, système Léon Bollée.

Cette voiture, dont les plans ont été étudiés avec un soin méticuleux, offre tout le confortable des grandes voitures automobiles, comme place disponible, comme suspension sur les ressorts, et comme aménagement. Cependant elle est beaucoup moins lourde, ce qui aide à la marche, et moins compliquée, avantage considérable au point de vue du réglage et de l'entretien. Le moteur est puissant bien qu'il n'ait qu'un seul cylindre sans circulation d'eau et qu'il soit muni d'un allumage par brûleur.[3] Ce type a été ainsi construit afin de confier au public un modèle de moteur réduit à sa plus simple expression, quoique parfait et renfermant en soi la plus grande sûreté de fonctionnement. Le moteur est muni d'un régulateur spécial qui détermine une marche absolument régulière, même lorsque, la voiture arrêtée, le moteur tourne à vide.

La circulation d'eau, avons-nous dit, a été supprimée

dans cette voiture, par suite de la disposition du moteur à l'avant de la voiture. Cette disposition lui assure un refroidissement parfaitement suffisant, et d'autre part le place complètement à l'abri de la poussière, qui est désastreuse pour les moteurs des voitures automobiles. La suppression de la circulation d'eau évite en outre les si nombreux ennuis qui accompagnent toujours ce mode de refroidissement, car il faut non seulement remplacer l'eau qui a été dépensée en cours de route,[1] mais il faut aussi toujours surveiller et entretenir et changer même quelquefois les organes qui assurent cette circulation. Ces ennuis sont très graves pendant l'hiver, où la glace se forme rapidement dans les tuyaux, lorsque le moteur est arrêté pendant un temps plus ou moins long.

Dans cette nouvelle voiture Darracq, les constructeurs sont arrivés tant par la disposition très pratique et très ingénieuse du moteur et des ailettes de celui-ci, que par un meilleur emploi de la chaleur produite par le pétrole, à ne pas laisser le cylindre se surchauffer, et l'on peut même certifier qu'il n'atteint jamais une température supérieure à celle des moteurs à circulation d'eau.

La transmission de la force et du mouvement a été, comme le moteur, réduite à sa plus simple expression. De même les changements de vitesse au nombre de cinq se font au moyen d'une seule courroie dont la disposition, d'une grande simplicité, lui permet de se déplacer selon la volonté du conducteur sur les différents étages des deux cônes de transmission. La fonction, grâce au système breveté employé par le constructeur, est d'une sûreté absolue, elle se fait sans aucun bruit, ce qui est un très grand avantage, vu[2] les bruits désagréables des change-

ments de vitesse dans les voitures à engrenages, bruits contre lesquels tout le monde proteste.

Les cinq changements de vitesse permettent au conducteur de profiter de tous les avantages de la route qu'il parcourt, en même temps du meilleur rendement de son moteur, et par suite de faire ainsi de très bonnes moyennes de vitesse à l'heure. La courroie est montée dans de telles conditions, qu'elle peut s'allonger de huit centimètres sans nuire à la marche avant qu'on soit obligé de la couper. Grâce à une petite manette qui se trouve placée à portée de la main, le conducteur peut à son gré la retendre pendant la marche sans arrêter la voiture. Enfin si l'on ajoute que la courroie est animée d'une[1] très grande vitesse et que par conséquent elle travaille dans de très bonnes conditions, on peut voir que la totalité des inconvénients de l'usage de la courroie se trouvent supprimés, pour ne garder que tous ses avantages : tels que la plus grande souplesse dans les démarrages et l'économie dans le remplacement d'organes très coûteux et très délicats à remplacer, tels que les chaînes et engrenages de changement de vitesse.

La voiture Darracq a une grande stabilité, car elle est montée sur un châssis entièrement en tubes d'acier ; elle est très douce, car elle est munie de roulements à billes.[2]

Tous les perfectionnements y ont été apportés : elle possède une marche arrière, un frein au pied[3] sur le différentiel,[4] serrant aussi bien dans la marche en avant que dans celle en arrière, un second frein à main[5] agissant directement sur les roues et une béquille, pour empêcher le recul. En un mot, elle offre toute sécurité à son chauffeur qui a la possibilité d'arrêter immédiatement, pour ainsi dire, en face d'un obstacle imprévu.

La mise en marche[1] est très rapide, et il n'y a qu'un seul graisseur à huile et trois graisseurs à graisse, tous très visibles, contrairement à ce qui se passe dans presque toutes les voitures avec de nombreux graisseurs difficiles à soigner.

La dépense en pétrole est très modique et ne dépasse pas celle d'une voiturette, grâce à l'excellent rendement du moteur.

Tous les organes sont accessibles sans être obligé de passer sous la voiture ou de démonter le coffre.

La caisse de la voiture est indépendante du châssis automobile qui forme un tout complet par lui-même; il est même possible de posséder un seul châssis et plusieurs caisses, par exemple, caisse d'été et caisse d'hiver; le changement peut se faire en moins d'une demi-heure.

Enfin tout a été étudié, sous le contrôle habile de M. Darracq, ce travailleur infatigable, pour faire de cette voiture une machine simple, robuste, d'entretien facile, rapide sans toutefois avoir la prétention d'être une voiture de course,[2] pouvant en effet faire de 28 à 30 kilomètres à l'heure, donnant en un mot satisfaction à tous ceux qui en feront l'achat.

2. *Le Motocycle.* — Le plus répandu des véhicules automobiles, le moins discuté est sans conteste le motocycle dont la création est due à MM. de Dion et Bouton, et ce n'est certes pas un faible honneur que[3] d'avoir mis au jour cet instrument qui a fait aujourd'hui le tour du monde.

Le motocycle est l'automobile démocratique parce que c'est le seul d'un prix abordable pour les bourses moyennes,[4] les plus nombreuses comme on se plaît à le répéter avec raison. C'est le pionnier de l'automobilisme;

c'est par lui que l'automobilisme pénètre dans une région et, comme ses essais sont couronnés de succès, c'est la voie ouverte pour tous les véhicules mécaniques qui passeront par la brèche qu'il a ouverte. Dans combien de pays d'Europe ne peut-on encore trouver que le tricycle de Dion-Bouton?

Son succès commercial est pour notre industrie un triomphe qui la venge des échecs que l'industrie étrangère est parfois parvenue à lui infliger; on ne peut pas lutter contre la France sur cet article qui est bien notre création et 50 %[1] peut-être des motocycles construits en France sont destinés à l'exportation.

Le moteur de Dion-Bouton n'a partout rencontré que des succès: vitesse, endurance, durée. Mais c'est encore sur le terrain commercial qu'il a remporté sa plus éclatante et plus décisive victoire, puisque plus de 10,000 moteurs ont été vendus en l'espace de deux années.

Une des principales raisons de ce succès a été la facilité avec laquelle le motocycle se prête à une foule de transformations, tantôt cheval de selle[2] ou cheval de trait,[3] tantôt partie principale d'une élégante automobile à deux places.

Pour les affaires, les longs déplacements, le tricycle est plus docile que le cheval, moins fatigant que la bicyclette, plus rapide que ses deux rivaux. Mais quel homme d'affaires[4] n'est pas touriste à ses heures,[5] et cependant on ne peut excursionner seul. Le tricycle prendra donc docilement en remorque un sulky à une ou deux places et emmènera toute une petite famille sans paraître s'en apercevoir.[6]

Le véhicule idéal pour deux personnes, le minimum de l'automobile, quant au prix, c'est le quadricycle, dé-

rivé aussi du tricycle par l'adjonction à l'avant d'un siège suspendu. Quand nous aurons dit que ce nouvel avatar[1] est de tous celui qui réunit la faveur des dames, nous ne pourrons plus rien ajouter à son éloge.

Et ces véhicules dont toutes les usines vélocipédiques[2] de France s'ingénient à varier les détails sont tous actionnés par cet étonnant petit moteur de Dion-Bouton, si petit qu'il disparaît presque devant l'ensemble du véhicule qu'il actionne; il pèse 25 kilog.[3] et donne le mouvement à un poids total qui atteint souvent 250 kilog. et même 300 kilog.

Ajoutons enfin quelques renseignements techniques sur le modèle si populaire de tricycle de Dion-Bouton.

Le cadre du tricycle à pétrole est celui d'un tricycle ordinaire dont les tubes sont renforcés, notamment à la fourche.

Les pneumatiques, fabriqués pour la maison de Dion-Bouton sont d'une résistance exceptionnelle.

Pour obtenir une stabilité que la vitesse rend particulièrement nécessaire, on a adopté des roues de 65 centimètres seulement, afin d'abaisser le centre de gravité, et on a donné à la voie des roues motrices[4] 90 centimètres. La machine pèse au total 90 kilog. L'aspect est rehaussé d'un vernis émail et d'un nickelage de luxe.[5]

Le moteur comprend: un réservoir d'essence[6] placé sous la selle, faisant fonction de carburateur.[7] Ce réservoir peut contenir 3 litres d'essence avec lesquels on peut parcourir 70 kilomètres.

Le mélange de vapeur d'essence et d'air introduit dans le cylindre du moteur est enflammé par l'étincelle électrique que donnent des piles sèches,[8] par l'intermédiaire

d'une bobine d'induction.[1] Ces piles ont une durée de 200 heures de marche.

L'explosion projette le piston ; une bielle transforme ce mouvement en rotation continue. La bielle et les volants sont enfermés dans un carter en aluminium[2] contenant de l'huile, que le mouvement émulsionne, assurant ainsi un graissage parfait de ces organes.

NOTES

I. LA NEIGE

Page 1. — 1. **de la vapeur d'eau**; here *vapeŭr* is used partitively, and the words *de la* are not to be rendered. The numerical abbreviation which follows in line 3 stands for *zéro* (the freezing-point) of the Centigrade scale.

2. **aussi la neige tombe-t-elle**; when *aussi* introduces a clause, it does not mean "also," but "therefore," "so," "accordingly"; and in such cases the subject, if a pronoun, usually follows its verb. If, as in this phrase, the subject is a noun, it is resumed, just as in questions, in the form of a personal pronoun placed after the verb.

3. **s'est formée**; note that this verb-form is not in the passive voice, and so does not mean "is formed," though it may be rendered appropriately (as reflexives very often are) by a passive expression, *has been formed.*

4. **il tombera de la neige,** *snow will fall; il* is used impersonally; for the use of the noun compare note 1, above.

5. **un pays quelconque,** *some country or other.*

6. **on trouve des neiges perpétuelles,** *the snow-line is found;* the indefinite construction with *on* is often best translated by the passive voice. Also note the plural in French for our singular — "eternal snow."

Page 2. — 1. **qu'enverrait la terre nue**; note the inverted order of subject and predicate. This often occurs when the subject idea is the longer or is to be emphasized.

2. **Chamonix** (the *x* is silent). The valley of Chamonix is about twelve miles long and one-half mile wide. In picturesqueness of scenery and in the grandeur of its glaciers it is one of the most beautiful spots in the Alps, and is every summer a center of attraction for many

thousands of travelers. The town of the same name is mostly a collection of summer hotels and tiny shops for the sale of photographs and souvenirs.

3. **mont Blanc** (the "white mountain"), whose summit for a distance of 7,000 feet down is covered with perpetual snow, is the highest peak (15,785 feet) of the Alps. The definite article is used before the name of a single mountain; so *le Vésuve*, "Vesuvius."

II. LES VENTS

4. **plus ce mouvement est rapide,** *the more rapid this movement is.*

5. **à l'heure,** *an hour.*

6. **qui marche,** *walking.*

7. **en fait 70,** "makes seventy of them"; transl., *makes seventy.*

8. **l'on** is often used for euphony instead of *on*, after a vowel, as in case of *si* and *que;* also after *et* and at the beginning of a sentence; but not when the next word begins with *l.*

Page 3. — 1. **de,** *than* (after a comparative).

2. **simoun,** *simoon* or *simoom*, from an Arabic word meaning "to hurt" or "to poison," is the name of a hot wind which is generated by the intense heat of the deserts and sandy plains, and, loaded with fine sand and dust, blows over the north of Africa and especially over Syria and Arabia.

3. **il se fait sentir affaibli,** *it makes itself felt less violently* (lit., "weakened"); *se* is object of *sentir*, the latter being the object of *faire.*

4. **provient de ce que,** *arises from the fact that.*

5. **des**; after a negative *de* is commonly used, as in *je n'ai pas de pain;* but not when, as here, the underlying thought is essentially affirmative.

Page 4. — 1. **De la,** *hence;* the verb (come) is omitted.

III. COMPOSITION DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE

2. **il y en a,** *there are* (*of them*).

3. **soit placé**; the subjunctive is used to limit an indefinite term (*quelque*) or phrase.

4. **qu'une,** *anything but a, anything more than a.*

Page 5. — 1. **quel que soit,** *whatever may be.* See page 4, note 3. *Quelque* is used as an adjective or adverb, while *quel que* forms an indefinite pronominal phrase.

2. **sur,** here *in, out of.*

3. **de,** here *in.*

4. **l'un de l'autre,** *from each other.*

5. **il** (used impersonally) **ne reste plus que . . .** *there remains only . . .*

6. **sans qu'il soit,** *without its being;* the conjunction (or conjunctive phrase) *sans que*, expressing an idea of doubt or negation, requires the subjunctive after it.

IV. PESANTEUR; CHUTE DES CORPS DANS LE VIDE

Page 6. — 1. **de bas en haut,** *upward.*

2. **Il ne faut pas plus s'en étonner que de,** *one must not be more astonished at it than to.* Note that the expression *il ne faut pas* does not mean "it is not necessary," which is in French *il n'est pas nécessaire.*

3. **de;** cf. page 5, note 3.

Page 7. — 1. 3×5; read: *trois fois* ("times") *cinq.*

2. **aussi;** cf. page 1, note 2.

V. DILATATION DES CORPS PAR LA CHALEUR

3. **paraisse,** subjunctive required by the conjunction *bien que,* denoting concession.

4. **il en résulte,** *there results* (*from it*).

Page 8. — 1. **Il en est de même des,** *it is the same with.*

2. **de la fusion de la glace,** *of melting ice.*

3. **qu'on;** instead of repeating *lorsque*, simply *que* is used.

4. **4 degrés,** Centigrade. To reduce Centigrade (when above freezing-point) to Fahrenheit, multiply the number of degrees by 9, divide the product by 5, and add 32 to the quotient.

5. **si on n'avait soin,** *unless care were taken,* or *were it not for the care taken;* cf. page 1, note 6.

6. **les uns dans les autres,** *into each other.*

7. **Il en est de même pour**; cf. page 8, note 1.

8. **on se garde bien de,** *great care is taken not to;* lit., "one guards one's self well from."

Page 9. — 1. **Leroy, Robert, Bréguet, Graham,** names of noted watch and clockmakers. Leroy (b. 1686) and Robert (b. 1795) were Frenchmen, Bréguet (b. 1747) was a Swiss by birth, but went to France early in life, and Graham (b. 1675) was an Englishman.

2. **ont fait faire d'immenses progrès,** *brought about great progress;* note idiomatic use of *fait* and also the plural noun.

3. **on en tire . . . parti**; *tirer parti de* is an idiom, meaning "to derive advantage from." Here *en* takes the place of *de*, referring to the noun in the previous clause.

4. **Il y a quelques années qu',** *some years ago.*

5. **Conservatoire des arts et métiers,** a large industrial museum at Paris, containing rich collections of machines and models of inventions. It comprises also a library and three lecture-rooms in which public lectures are delivered covering various branches of industrial activity.

6. **les avoir chauffées au rouge,** *having heated them red-hot.*

VI. LES RACINES DES PLANTES

Page 10. — 1. **Il ne faut pas**; cf. page 6, note 2.

2. **se sont écartés,** *have turned aside.*

3. **se sont gonflés,** *have become swollen.*

Page 11. — 1. **tous**; the *s* of this word is pronounced when it stands alone as pronoun.

2. **doivent,** *are to.*

VII. PHÉNOMÈNES DU MOUVEMENT

3. **aient reçu,** subjunctive required with *avant que*, containing an uncertain future time-reference.

Page 12. — 1. **comme le ferait un emporte-pièce,** *as a punch would do;* note this common expletive use of the article, also the inverted order which likewise occurs elsewhere; cf. line 7 and line 10.

2. **fût-il,** *were it;* subjunctive used in conditional clause, with inversion, omitting *si*.

3. **un obstacle quelconque;** cf. page 1, note 5.

Page 13. — 1. **s'arrêtera;** note the exact use of the future tense in French; in English we commonly use the present in such cases.

2. **à moins qu'il n'ait eu le soin,** *unless he has taken care.* The conjunctive phrase *à moins que*, implying doubt, is followed by the subjunctive with *ne* (not translated).

3. **du côté opposé,** *on the other side.*

4. **vient se heurter,** *dashes.*

5. **courent à la rencontre l'un de l'autre,** *run against each other.*

6. **vient heurter,** *strikes, runs against.*

7. **venait à,** *happened to.*

8. **à ses côtés,** *at his side.*

Page 14. — 1. **animé d'une grande vitesse,** *moving at a high rate of speed.*

2. **laisser filer,** *let it slip, let it run out.*

3. **produise,** subjunctive used to suggest the character or kind of machine.

VIII. BAROMÈTRES

4. **Pascal** (1623–1662), the celebrated philosopher and mathematician, born at Clermont-Ferrand in the former province of Auvergne. The experiment referred to was made in the year 1648.

5. **Torricelli** (1608–1647), noted physicist to whom the invention (1643, at Florence) of the barometer is commonly ascribed.

6. **Galilée,** *Galileo* (1564–1642), the illustrious Italian mathematician, natural philosopher and astronomer, born at Pisa, and appointed, in 1589, professor of mathematics in the famous University of that town. He discovered the law of the swinging of the pendulum, perfected the microscope, invented a telescope with a magnifying power of about thirty diameters, and expounded in a clear and definitive manner the Copernican theory of the revolution of the earth.

7. **qu'on;** *que* here replaces *si*.

Page 15. — 1. **de telle sorte que,** *in such a way that, so that.* This phrase is followed by the subjunctive when it denotes purpose.

2. **il en résulte . . . des variations,** *there result . . . variations; il* is the grammatical, and *des variations* the logical, subject; *en*, literally "from it," is expletive.

Page 16. — 1. **il ne faudrait pas,** *we must not* (or *should not*). The conditional is less absolute that the present tense would be (compare next sentence), and suggests that the statement is made with a certain reserve; cf. page 6, note 2.

IX. MACHINES A VAPEUR

2. **Depuis bien longtemps on cherchait,** *for a very long time attempts had been made;* lit., "since a very long time one was searching." Note the difference of idiom between the French and English.

3. **eût fait,** subjunctive used, instead of conditional, to express an assumed conclusion of a condition unexpressed.

Page 17. — 1. **Blois,** a town situated on the river Loire about 110 miles southwest of Paris.

2. **Que,** *let.*

X. CAUSES DES EXPLOSIONS DE CHAUDIÈRES

Page 19. — 1. **il doit être,** *it must be.*

2. **bien étudiées,** *properly proportioned.*

Page 20. — 1. **à la mise en pression,** *in getting up steam.*

2. **puissent,** subjunctive used because of the idea contained in the verb *conçoit.*

3. **d'ordinaire,** *ordinarily.*

4. **d'un seul coup,** *all at once.*

5. **prenne,** subjunctive used after the idea of possibility expressed in *il peut arriver.*

6. **pour qu'on eût à redouter,** *to occasion fear;* subjunctive required with *pour que* denoting the end or purpose.

Page 21. — 1. **il suffit . . . de ce niveau,** *a slight lowering of this level is often sufficient.*

2. **ciel du foyer,** *crown-sheet.*

3. **coup de feu,** *overheating.*

4. **surface de chauffe,** *heating-surface.*

5. **au fur . . . formation,** *as rapidly as they are formed. Fur* is an old word meaning "market price," "rate," and is now used only in the combination *au fur et à mesure*, "in proportion."

6. **multi-tubulaires,** *multitubular*, constructed with many tubes.

7. **sept atmosphères**; the weight or pressure of the atmosphere is about 15 pounds to the square inch, and this is commonly employed as a convenient unit for pressures resulting from other causes, such as the force of steam. So in a steam boiler a pressure of seven atmospheres means about 105 pounds to the square inch.

8. **fasse explosion,** *should explode, burst.* The subjunctive is required after a statement of denial.

9. **si . . . ne**; cf. page 8, note 5.

10. **ne saurait**; the conditional of *savoir* used negatively (*pas* omitted) has the sense of "to be unable," "cannot."

11. **la mise en feu,** *firing up.*

Page 22. — 1. **entrent en pression,** *are getting up steam.*

2. **bien encore,** *again.*

XI. LES MOUVEMENTS DE LA TERRE

3. **astres**; both *astre* and *étoile* designate the heavenly bodies in general, but *astre* suggests the idea of greater grandeur and is often applied to the sun and moon.

4. **comme ils le paraissent,** *as they appear to do;* cf. page 12, note 1.

5. **auraient dû parcourir,** *would have had to traverse.*

6. **eût**; cf. page 16, note 3.

Page 23. — 1. **se sont montrées,** *have appeared.*

2. **devait tourner,** *were to revolve.*

3. **devrait,** *would have to.*

4. **venons de dire,** *have just said.*

5. **Il y en a à l'infini,** *there is an infinite number of them.*

6. **puisse,** subjunctive used to soften a sweeping assertion containing the exclusive word *dernières.*

Page 24. — 1. **Centaure,** *Centaurus* (the "Centaur"), a constellation of the southern hemisphere, containing two stars of the first magnitude, designated as *alpha Centauri* and *beta Centauri.*

2. **que ce soit,** *whether it be.*

3. **plus haut,** *above, before.* Reference is made to an earlier chapter of the work from which this article is taken.

4. **Ou bien,** *either;* in line 32, *or else.*

Page 25. — 1. **Il y a plus . . . s'en doute,** *it has been suspected for more than two thousand years.*

2. **Pythagoriciens,** *Pythagoreans,* followers of Pythagoras, a Greek philosopher who flourished about 540–510 B.C.

3. **Cicéron,** *Cicero,* the celebrated Roman orator who lived from 106 to 43 B.C.

4. **Plutarque,** *Plutarch,* eminent Greek writer, the greatest biographer of antiquity, born about 50 A.D., best known by his "Lives" of famous Greeks and Romans.

5. **Nicétas,** Greek philosopher, disciple of Pythagoras. — **Syracuse,** a city on the island of Sicily, was founded by the Greeks.

6. **Ptolémée,** *Ptolemy,* a noted Greek astronomer and geographer who lived at Alexandria in Egypt in the second century A.D. He taught that the earth is fixed in the center of the universe, and that the sun and stars make a daily revolution about it. His theory of astronomy is known as the Ptolemaic system.

7. **Copernic,** *Copernicus* (1473–1543). Developed the system of astronomy which has borne his name, and which established the theory of the movements of the earth and planets around the sun.

8. **Cela se conçoit,** *that can be imagined.*

Page 26. — 1. **Ainsi**; the abbreviations which follow stand for *tertio, quarto, quinto, sexto, septimo* and *octavo,* words taken from the Latin, with the word *loco* (place) understood, and so meaning: "in the third place," "in the fourth place," etc., or "thirdly," "fourthly," etc.

2. **doit arriver,** *must happen.*

Page 27. — 1. **sortirait du cadre,** *would exceed the limits.*

XII. LE SOLEIL

2. **que,** *because;* used alone, instead of repeating *parce que.*

3. **s'est allumée**; note exact meaning.

4. **il ne pourrait brûler**; in case of *pouvoir* and a few other verbs (*bouger, cesser, oser, savoir*) "not" may be expressed by *ne* alone.

5. **il serait donc . . . temps historiques,** *it would then have burned itself out within the limit of historic times.*

Page 28. — 1. **doit être;** cf. page 19, note 1.

2. **que le corps soit,** *whether the body be.*

3. **Neptune,** the outermost of the planets, at a distance from the sun of about 2,800,000,000 miles.

4. **étant donné,** that is, *taking for granted, assuming,* and so followed by the subjunctive.

Page 29. — 1. **pour mieux dire,** *more properly speaking.*

Page 30. — 1. **de part et d'autre,** *on either side.*

2. **l'analyse spectrale,** *the spectrum analysis;* strictly, the analysis of the light of a star by means of a prism.

Page 31. — 1. **à moins qu'elle ne se soit détruite,** *unless it has been destroyed.*

2. **On en a vu,** *some have been seen.*

Page 32. — 1. **les uns des autres,** *from each other.*

Page 33. — 1. **sera devenue,** *will have become. Devenir,* like *venir,* is conjugated with *être.*

XIII. LA LUNE

Page 34. — 1. **à l'opposé de,** *opposite to.*

Page 36. — 1. **il y a bien des milliers d'années que,** *many thousands of years ago.*

2. **figure,** *face.*

3. **Phœbé,** *Phœbe,* a surname of Artemis or Diana, goddess of the moon.

4. **puisse,** subjunctive used to follow a negative statement.

5. **D'un autre côté,** *on the other hand, from another point of view.*

Page 37. — 1. **De ce que;** cf. page 3, note 4.

2. **de la famille,** *one of the family.*

3. **Qu'est-ce . . . que,** *what is, indeed?* For *que* see page 87, note 1.

4. **lieues;** a French *league* is a little less than two miles and a half, and the mean distance of the moon from the earth is about 239,000 miles.

Page 38. — 1. **relier entre eux,** *connect with each other.*

2. **sélénographique,** *selenographic,* pertaining to selenography (from two Greek words meaning "moon" and "to write," "describe"), a description of the surface of the moon.

3. **c'était là,** *they were.*

4. **Képler,** *Kepler* (1571-1630), a celebrated German astronomer, who discovered the laws which govern the periods and motions of the planets, and which are known as Kepler's laws.

Page 39. — 1. **sans égale,** *unparalleled, unequaled.*

2. **il ne le peut pas,** *he cannot do so,* or simply, *he cannot;* cf. page 12, note 1, and page 22, note 4.

3. **à quelques mètres près,** *within a few meters.*

4. **Proportions gardées,** *in proportion, proportionately.*

5. **le Gaorisankar,** or *Mt. Everest.*

6. **l'Himalaya,** in southern Asia, between Hindostan and Thibet (cf. page 60, note 4).

7. **Doerfel, Leibniz** (or *Leibnitz*), names given to the two highest of the lunar mountains, which lie near the south pole of the satellite.

Page 40. — 1. **puisse,** subjunctive used to limit or soften the sweeping character of a superlative expression, and to suggest that there may possibly be room for doubt.

2. **se suppose . . . habiter,** *fancies . . . that it is dwelling.*

Page 41. — 1. **Jamais de,** *never any.* The verb with *ne* is omitted; if expressed, the sentence would read: *Il n'y a jamais de, etc.*

2. **arrivions,** subjunctive required after a supposition.

3. **sans forme,** *formless, shapeless.*

4. **nous,** *from us.*

Page 42. — 1. **en sens inverse,** *inversely.*

XIV. LA BOUSSOLE

Page 43. — 1. **Ida,** famous mountain in Asia Minor; ancient Troy was situated at the foot of it.

2. **il s'était reposé;** note tense and voice of this verb.

Page 44. — 1. **a dû être connue,** *must have been known.*

2. **tout en,** *while* or *even while;* more emphatic than *en* alone.

Page 45. — 1. **Guyot de Provins,** born about 1150 at Provins, a town about 60 miles southeast of Paris. — **Une pierre . . . se joint,** *a dull, dark-colored stone, to which iron readily adheres.*

2. **saint Louis,** Louis IX., king of France from 1226 to 1270.

3. **devaient . . . paralyser,** *must have . . . paralyzed.*

4. **calamite**; this term is derived, through the Italian, from a word meaning "reed," the magnet being placed in a reed, or on *fétus*, to make it float.

5. **Flavio Gioia,** born toward the close of the thirteenth century near Amalfi, to the south of the city of Naples. The kingdom of Naples occupied the southern portion of the Italian peninsula.

6. **son nom**; the name *boussole* has been borrowed from the Italian *bussola*, meaning properly "a little box," and then "mariner's compass."

Page 46. — 1. **pour avoir,** *because of having.*

2. **aires de vents,** *points*, lit. "areas of winds."

3. **Quoi qu'il en soit,** *however that may be, at all events.*

4. **fleur de lis,** lit., "flower of lily," a conventional flower suggested by the iris, identified with the emblem denoting French royalty, and having a form suitable for the terminal decoration of an object. The English "flower-de-luce" is a corruption of the French.

5. **rose des vents,** *compass card*, or *mariner's card.*

6. **n'ait reçu**; a statement of doubt, if negative, requires in the following subordinate clause *ne* with the subjunctive. This is an idiomatic use of *ne;* in English no negative appears in the second clause.

Page 47. — 1. **seraient**; in stating conclusions based upon a given theory or assumption, the conditional frequently occurs where in English the present tense is preferred.

2. **que,** *if*, replacing *si* to avoid repetition.

3. **des,** construe with **approche** (*approcher de*).

Page 48. — 1. **tient à ce que,** *is due to the fact that.*

2. **n'est autre chose que,** *is nothing else than.*

Page 49. — 1. **n'osaient.** With *oser* negation may be expressed by *ne* alone, omitting *pas.*

2. **laide et brunière**; cf. page 45, note 1.

3. **soit,** subjunctive required by the conjunctive phrase *de manière que* denoting purpose (not result).

Page 51. — 1. **S'étant avisé,** *having bethought himself.*

2. **Qu'on suspende;** translate *Que* by *let*, and render verb by a passive construction.

XV. ÉCLAIRAGE AU GAZ

Page 53. — 1. **Brachet (Haute-Marne);** Brachet is a village situated in north-eastern France, in the department of Haute-Marne, so named from the river Marne, which rises in that locality.

Page 54. — 1. **prit un brevet d'invention,** *took out a patent.*

2. **empyreumatiques,** *empyreumatic*, "pertaining to or having the taste or smell of slightly burned animal or vegetable substances."

3. **au Havre,** *at Havre;* le Havre (the haven) is an important seaport on the north-western coast of France, at the mouth of the river Seine.

4. **rue Saint-Dominique,** an east-and-west street near the Seine, on the south side, running between the Boulevard St. Germain and the *Champ de Mars.*

5. **couronnement de Napoléon Ier;** the ceremonies of coronation took place in the cathedral of Notre-Dame at Paris on Dec. 2, 1804. Pope Pius VII. had made the journey from Rome to crown the emperor, but at the last moment Napoleon placed the crown himself upon his own head.

6. **Champs-Élysées,** lit. "Elysian Fields," name of a magnificent avenue, one of the most fashionable promenades in Paris, running from the famous square called the *Place de la Concorde* to the *Arc de l'Étoile.*

7. **James Watt** (1736–1819), a Scottish engineer and inventor of great skill. He invented several important improvements in the steam-engine, and was associated in the manufacture of engines near Birmingham, England.

Page 55. — 1. **Georges III** ascended the throne of England in 1760, and died in 1820, having been insane since 1810. The protection here referred to had evidently been granted in the early years of the century.

2. **à elle seule,** *by itself alone, independently.*

3. **Louis XVIII,** king of France from 1815 to 1824.

4. **gaz de l'éclairage,** *illuminating gas.*

Page 56. — 1. **l'eau de Seltz,** *soda water*, properly, *seltzer* (or *selters*) *water*, a mineral water from Selters in Germany, containing much free carbonic acid.

Page 57. — 1. **font . . . équilibre au,** *nearly balance the.*

2. **de distribution,** *distributing.*

Page 58. — 1. **servent à éclairer les rues**; the streets of French towns are still, to a large extent, lighted by gas rather than by electricity.

2. **porté au rouge blanc,** *brought to a white heat.*

Page 59. — 1. **prix de revient,** *net cost.*

XVI. PONTS SUSPENDUS

2. **fleuve,** a large river which flows into the sea, while a *rivière* is usually an affluent or tributary.

3. **tiges de suspension,** *suspension rods, suspenders.*

Page 60. — 1. **des limites maximum,** *maximum limits;* two nouns juxtaposed, the idea in the French being "limits which are the maximum."

2. **en deçà desquels,** *within which, under which.*

3. **Turner** (1759–1802), English traveler and diplomat. The report of the embassy alluded to was published in 1800.

4. **Thibet,** country in Asia, situated in the southwestern part of the Chinese Empire, to the north of British India.

Page 61. — 1. **la Shensi,** a province of northern China, bordering on Mongolia.

2. **Depuis assez longtemps . . . relient entre eux,** *for quite a long time . . . have connected.*

3. **Cordillères,** *Cordilleras*, a word taken from the Spanish, meaning a chain of mountains. As here used, it applies to some important ramifications of the Andes range.

4. **M. de Humboldt** (Friedrich Heinrich Alexander von, 1769–1859), famous German scholar and explorer. In 1799 he made a voyage to South America, and spent about four years in the exploration of the northern part of that country.

5. **Chambiri,** or *Chambiri-Yacu*, an unimportant river in the southern part of Ecuador, flowing into the Amazon.

6. **agave americana,** the maguey or century plant.

7. **Tees,** a river in the northern part of England, flowing into the North Sea.

8. **main courante,** *handrail.*

Page 62. — 1. **Finlay** (Jacob), an engineer by whom the first real suspension bridge, having a roadway hung from cables, was constructed in 1801, over Jacob's creek, near Greensburg, Pa.

2. **Annonay,** in the department of Ardèche in the southern part of France.

3. **Montgolfier,** two brothers who lived at Annonay in the latter half of the eighteenth century; noted for their invention of the hot-air balloon.

4. **Tain et Tournon,** small towns on opposite banks of the Rhone, about sixty miles south of Lyons in southeastern France. The entire length of the Rhone, from its source in Switzerland to the Mediterranean, is about 500 miles, and below Lyons it is a very beautiful and powerful river.

5. **de distance en distance,** *at intervals.*

Page 63. — 1. **ne se rompent,** subjunctive with *ne* required after the conjunctive phrase *de peur que.*

Page 64. — 1. **chaînes de retenue,** *retaining chains.*

2. **se coudoyant les uns les autres,** *crowding against each other, touching each other's elbows;* compare *coude*, an "elbow."

3. **puisse,** subjunctive required after a verb of demanding.

Page 65. — 1. **Fribourg,** town in western Switzerland, capital of the Canton of the same name. The bridge referred to was constructed in 1834.

2. **Menai,** narrow arm of the sea separating the coast of Wales from the island of Anglesey on the northwest.

3. **Cubzac,** village in southwestern France near Bordeaux. The bridge in question, over the Dordogne river, was built in 1840.

4. **Rouen,** large and important town in northwestern France on the river Seine, 87 miles from Paris by railroad; formerly capital of the province of Normandy, and at present capital of the department of Seine Inférieure; rich in mediæval architecture. — The Seine is about

500 miles in length, rising in the department of Côte d'Or in eastern France, and passing through Paris and Rouen to the English Channel at Havre.

XVII. LE DRAINAGE

Page 67. — 1. **Bordeaux,** in southwestern France on the Garonne river; flourishing commercial and manufacturing city with a population of over 250,000.

2. **ne fait que traverser,** *simply passes through.*

Page 69. — 1. **procure;** note the order of verb and subject.

2. **Columelle,** *Columella.* His work *De Re rustica* is the most important Latin treatise on ancient agriculture.

3. **Palladius,** a Roman writer on agriculture who lived probably between 300 and 400 A.D.

4. **Olivier de Serres** (about 1539–1619), born at Villeneuve-de-Berg, department of Ardèche, in southern France.

5. **Le capitaine Walter Bligh,** an Englishman who, about 1650, published a work "which is interesting, as embodying and boldly advocating the theory of deep-drainage as applied by him to water-meadows and swamps, and so applicable to the drainage of all other moist lands."

6. **d'avoir le premier eu,** *of having been the first to have.*

7. **Elkington** (Joseph), a farmer of Warwickshire in central England. His system of drainage was made public in 1795, when the British Parliament voted him a reward of £1000 for his valuable discoveries.

Page 71. — 1. **à fleur de terre,** *on the surface.*

2. **M. Barral,** French chemist and naturalist, born at Metz in 1819; gave special attention to the application of science to agriculture; was manager of the *Journal d'agriculture pratique.*

Page 72. — 1. **ne saurait;** cf. page 21, note 10.

Page 74. — 1. **croisés en chevalets,** *set crosswise.*

Page 75. — 1. **l'emportent de beaucoup sur,** *are far superior to; l'emporter sur* is an idiom meaning literally "to carry it off over," the pronoun standing for some word for "victory" or "advantage"; so the meaning is "to surpass," "to get the better of."

XVIII. LE MICROSCOPE

Page 76. — 1. **à la vue simple,** *with the naked eye.*

Page 77. — 1. **Leuwenhœck** (1632–1723), born at Delft in Holland. He was noted for his skillful manufacture and successful use of the microscope, and made discoveries which brought him celebrity as an anatomist and physiologist.

2. **Swammerdam** (1637–1680), an eminent Dutch naturalist, born at Amsterdam; made several discoveries in anatomy and entomology.

3. **Lyonnet** (1707–1789), of French family, born at Maestricht in Holland. Besides being an anatomist he was a skillful engraver.

4. **Raspail** (1794–1878), a French chemist, who published, among other works, *Essai de chimie microscopique* (1831).

Page 78. — 1. **Jansen** (Zacharias), an optician at Middelburg in Holland.

2. **en font l'honneur,** *ascribe the honor of it.*

3. **Galilée;** cf. page 14, note 6.

4. **Robert Hooke** (1635–1702), an English philosopher, born at Freshwater in the Isle of Wight; noted for his inventive faculty; claimed several inventions and improvements.

Page 79. — 1. **comme un,** *a kind of.*

2. **Newton** (Sir Isaac, 1642–1727), the illustrious English philosopher, mathematician and astronomer, among whose many discoveries the most important is the law of universal gravitation.

3. **achromatiques,** *achromatic*, derived from the Greek and meaning "without color," "not showing color."

4. **Dollond** (John, 1706–1761). At first a silk-weaver and devoting his leisure moments to scientific study, he became later an optician and constructed telescopes of superior quality. He invented the achromatic telescope, for which he received the Copley medal of the Royal Society in 1758.

Page 81. — 1. **un motif de plus,** *an additional motive.*

2. **proprement dites,** *properly so called.*

Page 82. — 1. **machines à diviser,** *graduators.*

2. **fait suite à,** *is in line with.*

XIX. LA FORMATION DE LA HOUILLE

Page 83. — 1. **Ninive,** *Nineveh*, the greatest city of ancient Assyria and for some time the capital of that country, situated on the east bank of the Tigris river. It had become important as early as the nineteenth century B.C. Modern excavations have brought to light ruins of various temples and palaces, and of the city walls.

2. **Babylone,** *Babylon*, a very celebrated city of ancient Chaldæa, situated on the river Euphrates, about sixty miles south of Bagdad. As capital of the Babylonian kingdom it appears to have reached the summit of its prosperity and splendor in the reign of Nebuchadnezzar (about 604 to 561 B.C.). Numerous ruins testify to its former grandeur.

Page 84. — 1. **Saint-Étienne,** manufacturing town in south-eastern France in the department of Loire.

2. **Lyell** (Sir Charles, 1797–1875), born in Scotland and educated at Oxford. In 1832 he was appointed professor of geology at King's College, London. His representative work was *Principles of Geology* (3 vols., 1830–33), which became at once a standard authority. He made two visits to the United States, lectured at Boston, traveled extensively through the States, and published works embodying the results of his American observations.

3. **Staffordshire,** a west midland county of England which has furnished very rich coal-fields.

4. **on a mis à découvert,** *there was uncovered, laid bare.*

Page 85. — 1. **calamites,** fossil plants of complicated structure, probably allied to horsetails.

2. **mettre la main sur,** *come upon, discover.*

3. **archegosaurus** (from Greek words meaning "beginner" and "reptile"), a fossile animal, so named because it was believed to have been the beginning of reptilian life. It is supposed by some to be a connecting link between reptiles and fishes.

4. **Saarbruck,** German *Saarbrücken*, a town of Rhenish Prussia, in western Germany, on the Saar. It is about sixty miles northwest of Strasburg, and has been the center of a very important coal-mining district.

5. **Strasbourg,** *Strasburg* (German *Strassburg*), important fortified

city of western Germany, noted for its cathedral. Before the Franco-German war of 1870–71 it had belonged for some time to France.

Page 86. — 1. **devaient vivre,** *must have lived.*

2. **Ferdinand le Catholique** (1452–1516). The surname of "the Catholic" was given to Ferdinand V., king of Spain. After his marriage to the infanta Isabella in 1469, there followed, under the joint rule of the two sovereigns, a period of marked prosperity and grandeur.

3. **par exception,** *exceptionally, by way of exception.*

4. **Muséum d'histoire naturelle,** official name of the *Jardin des plantes* at Paris, comprising, besides a zoölogical and botanical garden, natural history collections of value.

5. **l'École des mines,** a school at Paris for the special training of mining engineers, which possesses a valuable museum of mineralogy, geology and paleontology.

6. **Palissy** (Bernard, about 1506–1589), a celebrated French potter and enameller, also versed in natural history, chemistry, and other sciences.

Page 87. — 1. **c'est une flore complexe que celle de la houille,** *a complex flora is that of coal. Que*, as here used, is called an expletive, sometimes rendered by "namely," serving as a kind of connective to hold together the ends of the sentence. It is frequently so used when for emphasis the logical subject (here *celle*) is placed after the verb *être;* and *ce* then precedes the verb, where in English no like word is required. Also in exclamations, where *c'est* (etc.) is omitted, as in the next sentence, *que* is similarly employed.

2. **jusqu'à nous,** *to our day.*

3. **rognons de fer carbonaté,** *kidney siderite,* carbonate of iron in kidney form.

Page 88. — 1. **Somme,** a river in the northern part of France, 120 miles in length, flowing into the English Channel.

2. **Seine;** cf. page 65, note 4.

3. **Loire,** the largest river of France, rising in the southeastern portion, and flowing in a northwestern and western direction through the centre of the country to the Atlantic Ocean. Its total length is over 600 miles, and it is navigable 450 miles from its mouth.

4. **Vosges,** a range of mountains situated partly in northeastern France and partly in southwestern Germany.

5. **M. Élie de Beaumont** (1798–1874), French geologist, born at Caen (in northwestern France); became professor of geology at the *Collège de France* in 1832.

Page 89. — 1. **M. Burat** (1809–1883), a French engineer and geologist, who made a special study of the coal industry, and published valuable monographs dealing with coal-mines.

Page 90. — 1. **inférieur à,** *lower than.*

2. **Saint-Michel,** a small bay off the northwest coast of France.

Page 91. — 1. **Leibnitz** (1646–1716), famous German philosopher and savant, born at Leipsic.

2. **Pompéi et Herculanum,** cities in southern Italy near Naples, destroyed by the great eruption of Vesuvius in 79 A.D.

3. **lépidodendrons,** a genus of fossil trees of the carboniferous age in geology, believed to have contributed largely to the formation of coal. The name comes from Greek words meaning "scale tree," as the surface of the tree was marked with scale-shaped spaces or scars, produced by the separation of the leafstalks.

4. **lycopodiacées,** *lycopodiaceæ*, an order of cryptogamous (with no proper flowers) plants, low and usually of moss-like aspect, with evergreen leaves.

5. **sans limites,** *limitless.*

Page 92. — 1. **Livingstone** (David, 1813–1873), the celebrated African explorer, born in Scotland, died in Africa.

Page 93. — 1. **n'est autre que,** *is none other than.*

XX. LES MODIFICATIONS DE LA SURFACE TERRESTRE

Page 95. — 1. **des polypiers,** *groups of polyps*, aquatic animals which form coral by the secretion of calcareous matter.

2. **l'iceberg;** this word has not been regularly admitted into French; the common expression is *montagne de glace.*

Page 96. — 1. **où se sont succédés les êtres,** *upon which successive generations of living creatures have lived.*

Page 97. — 1. **qu'il,** *que* used instead of repeating *quand.*

2. **en un siècle;** with reference to time *en*, as distinguished from

dans, means properly "in the course of"; *dans un siècle* would mean "by the end of a century."

Page 98. — 1. **n'eût-il**; cf. page 12, note 2.

2. **il n'en a pas moins dû atteindre,** *it must none the less have reached.* The word *en* stands for the idea contained in the previous clause.

3. **assisterait à**; see vocabulary.

4. **ont dû se manifester,** *must have been active.*

Page 99. — 1. **Élie de Beaumont**; cf. page 88, note 5.

2. **Brongniart** (1770-1847), French geologist and mineralogist, born at Paris. Names of eminent persons may be construed with the definite article in the plural, with the force of, "a Brongniart, a Dufrénoy, etc."

3. **Dufrénoy** (1792-1857), noted French geologist; was the director of the *École des mines.*

4. **Buckland** (William, 1784-1856), English geologist, who endeavored to confirm the narrative of Genesis by the discoveries in geology. He was professor of mineralogy and geology at the University of Oxford.

5. **Agassiz** (1807-1873), the celebrated Swiss naturalist and geologist. After 1848, he made the United States his permanent residence, having accepted the chair of zoölogy and geology at Harvard University. He died at Cambridge, Mass.

6. **Saussure** (1740-1799), a Swiss physicist and geologist; became professor of physics and philosophy at the University of Geneva in 1762; made a series of important geological explorations in the Alps and other mountains, and was one of the first to accomplish the ascent of Mont Blanc (1787).

7. **Lyell**; cf. page 84, note 2.

8. **Darwin** (1809-1882), the famous English naturalist, founder of the biological theory of evolution. His chief work is *The Origin of Species* (1859), and it is mainly to the views defended in this and in *The Descent of Man* (1871), that the term "Darwinism" has come to refer.

9. **le premier ouvrage,** his *Principles of Geology* (1830-33).

Page 100. — 1. **Que,** *let.*

2. **en apparence,** *apparently.*

3. **pour peu qu',** *if only.*

XXI. PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

Page 101. — 1. **le fixer du regard,** *look directly at it.*

Page 102. — 1. **premiers plans,** *foregrounds.*

2. **dégradations,** *degradations,* in painting, the lessening and obscuring of remote objects so as to give the effect of distance.

3. **Toutes les fois qu'un,** *whenever a.*

Page 104. — **il en est une autre,** *there is another* (*of them*). The expression *il est,* used regularly in poetry, is considered more elegant than *il y a.*

2. **En faisant abstraction des,** *leaving out of consideration the.*

3. **puisse,** subjunctive required after the hypothetical conjunctive phrase *aussi mince qu'.*

Page 106. — 1. **n'ont d'autre cause que,** *have no other cause than.*

2. **à proprement parler,** *properly speaking.*

Page 107. — 1. **fait mieux valoir,** *sets off better.*

Page 108. — 1. **à peu d'exceptions près,** *with few exceptions.*

2. **tant qu'elles ne sont pas,** *unless they are;* lit. "as long as they are not."

3. **MM. Martins** (1806–1889) **et Bravais** (1811–1863), French naturalists and writers on meteorology.

Page 109. — 1. **Aoste,** *Aosta,* in the northwestern extremity of Italy, to the southeast of Mont Blanc.

2. **M. Brewster** (1781–1868), a natural philosopher and writer of considerable distinction, born in Scotland and educated at the University of Edinburgh.

3. **Hartz,** or *Harz,* a range of mountains in Germany, located not only in Hanover, but extending also into Anhalt, Brunswick, and the province of Saxony.

Page 110. — 1. **Hanovre,** *Hanover,* German *Hannover,* formerly an independent kingdom, but now a province of Prussia in the northwestern part of the German Empire. The Brocken itself is not in Hanover, but in the province of Saxony.

2. **sur les quatre heures,** *about four o'clock.*

3. **Achtermannshöhe,** a very elevated point only a few miles from the Brocken.

Page 111. — 1. **en fit de même,** *did the same.*

Page 112. — 1. **soient arrêtés;** the subjunctive is required after the conjunctive phrase *jusqu' à ce que* when the latter does not refer to an accomplished fact.

Page 113. — 1. **aurait dû leur faire,** *ought to have made them.*

2. **s'être occupé le premier de,** *to have been the first to busy himself with.*

3. **Rœmer** (1644-1710), born at Aarhuus; appointed professor of mathematics and astronomy at the University of Copenhagen in 1681.

4. **Fontenelle** (1657–1757), French littérateur, born at Rouen.

5. **Cassini** (Giovanni Domenico, 1625–1712), an important astronomer, the first of several of the name, born at Nice, and lived later in Paris.

Page 114. — 1. **Jupiter,** the largest and most brilliant of the planets, the fifth in order of distance from the sun.

2. **pour s'en faire une idée,** *to get an idea of it.*

3. **Arago** (1786–1853), noted French astronomer and savant, who, by his writings and lectures, did much to popularize scientific knowledge.

4. **un boulet de 24,** *a 24-calibre ball.*

5. **bouche à feu,** *piece of ordnance, cannon, gun.*

Page 115. — 1. **Sirius,** the dog star, one of the brightest stars visible in the northern hemisphere, in the constellation of *Canis major.*

2. **la Chèvre,** *Capella,* a briiliant star in the northern constellation Auriga.

3. **l'étoile polaire viendrait à s'éteindre,** *should the north star happen to be blotted out.*

Page 116. — 1. **M. Fizeau,** a distinguished French physicist, born at Paris in 1819. His experiments and discoveries regarding the velocity of light brought him very great honors.

2. **Léon Foucault** (1819–1868), a French natural philosopher, born at Paris; was for a time associated with M. Fizeau in researches upon the theory of light.

3. **M. Cornu** (Marie-Alfred, born 1841). He became professor of

physics at the *École polytechnique* (Paris) in 1867, and has since then occupied himself especially with studies upon light. His representative work upon the velocity of light first appeared in 1878.

4. **tous,** refers to *progrès* above.

Page 117. — 1. **moindre d'un trentième environ de,** *about a thirtieth less than.*

2. **Vénus,** second planet in order of distance from the sun.

XXII. LA LUMIÈRE ET LA VIE.

Page 118. — 1. **Büchner** (1824–1899), born at Darmstadt, Germany; a leading advocate of humanitarian and materialistic opinions, best known by his work on *Force and Matter* (1854).

2. **Bonnet** (1720–1793), eminent Swiss philosopher and naturalist, born at Geneva.

3. **Priestley** (1733–1804), a distinguished English chemist, physicist, and writer on theological questions; spent the last ten years of his life in the United States, and died in Pennsylvania; discovered oxygen in 1774; was a prolific writer, but some of his theories were open to question.

4. **Ingenhousz** (1730–1799), a Dutch savant, noted as a physician and chemist, born at Breda, to the southeast of Rotterdam. He travelled much, and settled later in London, writing his principal works in English.

5. **que,** *when.*

6. **Lavoisier** (1743–1794), the very famous French chemist, one of the founders of modern chemistry. Besides his discoveries of important truths, he reformed the chemical nomenclature and invented much chemical apparatus.

Page 119. — 1. **Prométhée,** *Prometheus,* in Greek mythology a personage who stole fire from heaven and brought it in a hollow reed to earth for the use of mortals. For this he was chained, by command of Zeus, on a mountain, and a vulture was sent to feed daily on his vitals.

Page 120. — 1. **Peu nous importe pour le moment,** *that is for the time being of little importance to us.*

Page 122. — 1. **Senebier** (1742–1809), a Swiss naturalist and litté-

rateur, who was ordained as a minister and preached for several years. He wrote a work of five volumes on *Physiologie végétale*.

2. **Genève**, *Geneva*, the largest and richest city in Switzerland, located at the southwestern extremity of Lake Geneva.

Page 123. — 1. **Est-il rien de plus,** *is there anything more.*

2. **On devait se demander,** *there was need to ask*, or *the question arose.*

Page 124. — 1. **photogéniques,** *photogenic*, producing light without sensible heat, giving rise to phosphorescence.

2. **a priori,** a Latin expression meaning "from something prior"; so, "from that which precedes," "reasoning from cause to effect."

Page 125. — 1. **tournesol,** *turnsole, heliotrope*, from Latin words meaning "to turn" and "sun," so named because its flower turns or is supposed to turn toward the sun. The word "girasole" is a similar formation.

2. **héliotrope,** *heliotrope*, derived from Greek words meaning "sun" and "turn."

Page 126. — 1. **il n'en est pas de,** *there are none.*

2. **grand soleil (Helianthus annuus),** *sunflower.* The scientific name *Helianthus* is made up of the Greek words for "sun" and "flower," and *annuus* is the Latin for "yearly."

3. **le regardent toujours en face,** *turn continually toward it.*

Page 127. — 1. **se regardent dos à dos,** *turn their backs to each other.*

Page 128. — 1. **Linné** (1707–1778), whose Latinized name was Linnæus, has been known as the father of modern botany. He was born in Sweden, devoted himself early to the study of botany, and was for many years professor of this subject at the University of Upsala.

2. **l'horloge de Flore,** a table of the flowers which open or close successively at the various hours of the day, arranged in the form of a dial, and so simulating a kind of clock.

3. **il ne peut rien y avoir d'absolu,** *there can be nothing absolute.*

4. **au Sénégal,** *in Senegal*, a French colony in western Africa. The definite article is commonly employed in such cases with geographical nouns that are masculine; so *au Canada, au Mexique.*

Page 130. — 1. **Edwards** (Henri Milne-, 1800–1885), well known zoölogist, born at Bruges, Belgium; studied at Paris and became professor of zoölogy there; author of many volumes and valuable scientific papers.

2. **M. Béclard** (1818–1887), French anatomist.

3. **M. Moleschott** (1822–1893), a physiologist, born in Holland, who studied and taught in Germany (at the University of Heidelberg), and later in Italy where he died.

Page 131. — 1. **se mettre en harmonie,** *to harmonize.*

2. **dont ils s'abreuvent,** *in which they bask;* lit. "with which they water (drench, fill) themselves."

3. **On s'est demandé,** *the question has been asked.*

4. **Kabyles,** name of one of the two chief divisions (the Arabs being the other) of native Mohammedans in Algeria.

Page 132. — 1. **Denys le Tyran** (about 430–367 B.C.), *Dionysius*, tyrant of Syracuse, in Sicily. It is stated that he was an able ruler but very suspicious, and that the rock-hewn underground prisons attributed to him were constructed as a precaution against traitors and conspirators.

2. **protée,** *proteus*, a genus of aquatic eel-shaped amphibians, typical of the family *Proteidæ.*

3. **la Carniole,** *Carniola*, a province in the western part of Austria-Hungary, noted for its grottos and subterranean lakes.

4. **atrophiés,** *atrophied, rudimentary.*

Page 134. — 1. **ne nous mettrions-nous pas à l'unisson de,** *should we not join.*

XXIII. L'ŒIL ET LA VISION

2. **les met en jeu,** *brings them into action.*

3. **Il s'en faut . . . aient,** *all animate beings are, however, far from having; s'en falloir* is a verbal idiom meaning "to be wanting," "to be far."

Page 136. — 1. **pour si étrange qu'il,** *however strange it,* followed by the subjunctive.

2. **au premier abord,** *at first view.*

3. **Newton**; see page 79, note 2.

4. **du côté opposé**, *in the opposite direction*, *to the opposite side.*

5. **phosphène**, *phosphene*, from Greek words meaning "light" and "to show."

6. **qui n'a éprouvé**; in expressing negation *pas* may be omitted in rhetorical questions introduced by *qui.*

Page 137. — 1. **a fait dire à quelques physiologistes**, *has caused some physiologists to say.*

Page 139. — 1. **M. Giraud-Teulon** (1816–1887), a French physician, born at La Rochelle in southwestern France. He is the author of works on medicine and the theory of vision.

2. **sans changer de place**, *without changing position.*

Page 141. — 1. **longueur focale**, *focal distance* or *focal length*, the distance from the center of the lens to the principal focus.

2. **mouvement de translation**, *shifting.*

Page 142. — 1. **Descartes** (1596–1650), a very eminent philosopher and mathematician, and one of the greatest French prose writers of the seventeenth century. In addition to important scientific discoveries, his philosophical writings made him the founder of modern psychology.

2. **fécondée**, *given weight.*

Page 145. — 1. **Il s'en faut de beaucoup . . . jouissent d'une aussi**, *all portions of the retina are very far from possessing such a.*

Page 146. — 1. **punctum cæcum**, Latin words, meaning "blind point."

2. **Comment se fait-il**, *how is it*, *how does it happen.*

Page 147. — 1. **Nous ne saurions**, *we cannot.*

2. **sans nous en douter**, *without* (*our*) *suspecting it.*

Page 148. — 1. **de façon à**, *in such a way as to.*

Page 149. — 1. **mais bien**, *but rather.*

XXIV. L'HOMME PRIMITIF

2. **troglodytes**, a formation based on Greek words meaning "cave" and "to enter," "creep into."

3. **Jules César,** *Julius Cæsar* (100–44 B.C.), the famous Roman general, statesman, orator, and writer, author of the "Commentaries" on the Gallic war.

4. **Dragonnades,** name given to persecutions which the French Protestants suffered in the reign of Louis XIV. (after the revocation of the Edict of Nantes in 1685), so called because dragoons (French *dragons*) were employed to carry out the persecution.

5. **Aussi n'y a-t-il pas lieu de,** *so there is no reason to.*

6. **Cévennes,** a mountain range in the south of France, forming the watershed between the rivers Rhone and Garonne.

Page 150. — 1. **Liége,** an important city of eastern Belgium, the center of a rich mining region.

2. **calotte d'un crâne,** *cranium, brainbox.* Commonly *calotte* is a close-fitting cap without a visor, a skull-cap; and the word has been taken into English, with the variant "calote."

3. **stalagmitique,** *stalagmitic,* composed of stalagmite, that is, carbonate of lime deposited on the floor of a cavern.

4. **Avallon,** town in the department of Yonne, to the northeast of the centre of France. The department takes its name from the river Yonne which flows through it.

5. **Neanderthal,** in western Germany near the town of Mettmann, to the north of Cologne.

6. **diluvienne,** *diluvial* (compare Latin *diluvium,* "deluge"), a geological term applied to deposits that are supposed to be the result of a flood, or in general, to coarse fragmentary material, wherever found.

7. **calotte crânienne**; cf. page 150, note 2.

8. **dendrites,** stones or minerals on or in which are figures resembling shrubs, trees or mosses.

9. **kjœkkenmœddings,** *kitchen-middens, shell-mounds;* lit., "kitchen refuse."

Page 151. — 1. **habitants lacustres,** *lake-dwellers.*

2. **sur,** here *by.*

3. **Bos primigenius,** Latin words meaning "primigenial (primitive) ox."

Page 152. — 1. **semblait devoir . . . perdu,** *must, it seemed, be forever lost.*

2. **qui n'ai gardé**; "not" is expressed by *ne* alone in a dependent

clause of this kind, following a principal clause, which is itself negative.

Page 153. — 1. **se,** dative case, *for himself.*

2. **Polynésie,** *Polynesia* (from the Greek, meaning "many islands"). It is a geographical term of somewhat loose application, now commonly used of that part of Oceanica which lies south of the equator and east of the 170th meridian of east longitude.

Page 154. — 1. **la Nouvelle-Guinée,** *New Guinea* or *Papua*, a large island lying immediately north of Australia.

Page 155. — 1. **quaternaires,** *quaternary*, referring to that part of the geological series which is more recent than the Tertiary.

Page 156. — 1. **Scandinavie,** *Scandinavia*, a name now generally applied simply to the peninsula comprising Norway and Sweden, but often made to include also Denmark and sometimes Finland.

2. **douceurs,** *attractions.*

3. **Témoins,** *witness!*

4. **lui,** *from her, from it.*

Page 157. — 1. **va,** *is about to.*

2. **néphrite,** *nephrite*, a tough compact stone, a variety of hornblende, of a leek-green color, often found in rolled pieces.

3. **Baltique,** *Baltic Sea.* Most of the amber of commerce is obtained from the shores of the Baltic, along the northeastern coast of Germany.

4. **Cornouailles,** *Cornwall*, a county forming the southwestern extremity of England, long known for its productive tin-mines.

5. **Phéniciens,** *Phœnicians*, famous for their leadership of ancient commerce. Starting from the narrow strip of country known as Phœnicia, on the eastern coast of the Mediterranean Sea, they pushed west, and long before the Christian era they had found their way to Britain and had obtained tin there. It is reported also that they penetrated as far as the Baltic, and brought back amber to Greece.

6. **s'étaient imposé,** *had taken upon themselves.*

Page 158. — 1. **phyllade,** one of the small imperfect leaves in the plant called quillwort, alternating with the fertile leaves.

2. **à défaut d'outils,** *in the absence of tools.*

3. **ne s'en est pas tenu,** *did not restrict himself.*

Page 159. — 1. **ce qui nous donne à penser,** *a fact which leads us to think.*

2. **Pfeffikon,** or *Pfäffikon*, a small lake not far from the city of Zürich.

Page 160. — 1. **Abyssins,** *Abyssinians.* The Abyssinia of the present day is a country of eastern Africa whose limits are not very clearly defined.

2. **Samoyèdes,** *Samoyeds*, a people of northern Russia, both in Europe and Asia.

3. **le docteur Dowler,** an American physician, who was born in Virginia in 1797, and lived later in New Orleans. Note the use of the definite article before a title.

Page 161. — 1. **la Tinière,** at the eastern extremity of Lake Geneva in Switzerland.

2. **à l'abri de,** *beyond the reach of.*

Page 162. — 1. **nous fait voir,** *shows us, portrays to us.*

Page 163. — 1. **solitaire,** a bird formerly existing on the island of Rodriguez, near Mauritius in the Indian Ocean, east of Madagascar. It was somewhat larger than the turkey, and was supposed to have belonged to the dodo, or else the ostrich, family.

2. **dronte,** *dodo*, a genus of birds which has become extinct within recent times. It was formerly abundant on the islands of Bourbon and Mauritius, and is described as larger than a swan, of clumsy body, and of tough though eatable flesh.

XXV. NOTIONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

Page 164. — 1. **L'abbé Nollet** (1700–1770), a French physicist, who devoted much time to electrical experiments. The expression "professeur des pages" refers to the fact that Nollet received from the king the appointment of master of philosophy and natural history to the princes and young noblemen of France.

2. **Dufay** (1698–1739), a French savant, the author of treatises on chemistry and other sciences, and the originator of certain theories of electricity. He lived in Paris, where he was appointed director of the *Jardin royal des plantes médicinales*, which became later the *Jardin des plantes.*

Page 165. — 1. **se donnait carrière sur,** *abandoned itself freely to, indulged freely in.*

2. **Bologne,** *Bologna,* famous and picturesque city of Italy, about eighty miles to the north of Florence. It has been one of the centers of Italian learning, and its university, the oldest in the country, is said to have been founded as early as 425 A.D.

3. **Galvani** (1737–1798), the celebrated Italian physicist and anatomist, whose name has given us the words "galvanism," "galvanic," etc. He was educated at the University of Bologna, where he became professor of anatomy in the year 1762.

4. **Franklin** (Benjamin, 1706–1790), the eminent American statesman and philosopher. His "théorie de la foudre" has reference to the important discovery of the identity of lightning with the electric fluid, which he had made in 1752 by means of a kite.

5. **choc en retour,** *induced discharge,* a discharge produced at a distance.

Page 166. — 1. **met à nu,** *lays bare.*

Page 167. — 1. **Pavie,** *Pavia,* town in northern Italy, twenty miles from Milan. Its university is said to have been founded by Charlemagne.

2. **Alexandre Volta** (1745–1827), Italian *Alessandro Volta,* born at Como in northern Italy; was appointed professor of physics at the University of Pavia in 1776, and taught there for thirty years. His reputation rests mainly upon his invention of the "voltaic pile" described in the text. The electrical terms "volt," "voltameter," etc., also recall the physicist's name.

3. **ils auraient dû l'être,** *they ought to have been so.*

Page 168. — 1. **comme on devait le faire,** *as had to be done.*

Page 169. — 1. **bouteilles de Leyde,** *Leyden jars,* so named from having been invented in Leyden, Holland.

2. **d'heure en heure,** freely *from moment to moment.*

3. **bouche d'écluse,** *flood-gate, outlet.*

4. **par intermittence et par choc,** *intermittently and by starts.*

5. **de toute nécessité,** *absolutely necessary.*

6. **Wollaston** (1766–1828), noted English physicist and chemist; has been called the founder of modern British chemistry.

7. **M. Becquerel** (1788–1878), French physicist of distinction.

Page 170. — 1. **remarquable au même titre que,** *equally remarkable with.*

2. **M. de la Rive** (Auguste, 1801–1873), Swiss natural philosopher, who devoted much time to investigations in electricity.

Page 171. — 1. **au fur . . . formation**; cf. page 21, note 5.

2. **à elle seule,** *in itself alone.*

3. **galvanique,** *galvanic,* relating to current electricity as produced by a chemical battery.

Page 173. — 1. **bien,** *carefully, attentively.*

Page 174. — 1. **et**; omit in translation.

2. **bien,** *rightly, fully.*

3. **Ohm** (Georg Simon, 1787–1854), celebrated German physicist, who became professor of experimental physics at the University of Munich in 1849. What is known in electricity as "Ohm's law," is that the current is equal to the voltage (electro-motive force) divided by the resistance.

4. **Pouillet** (1791–1868), French physicist, appointed to the chair of physics at the Sorbonne (University of Paris) in 1838.

Page 175. — 1. **bouteille de Leyde**; cf. page 169, note 1.

Page 176. — 1. **je ne sais quelle,** *some sort of.*

Page 177. — 1. **il ne faut pas oublier,** *it must not be forgotten.*

2. **de façon à,** *so as to.*

Page 178. — 1. **rapprochés,** *close together.*

XXVI. NOTIONS SUR LE TÉLÉPHONE

Page 179. — 1. **Page** (Charles Grafton, 1812–1868), born at Salem, Mass. Much of his life was devoted to the study of electricity, upon which subject he was an accepted authority.

2. **électro-aimant,** *electromagnet,* a magnet which derives its magnetic properties from the inductive action of an electric current.

3. **De la Rive**; cf. page 170, note 2.

4. **bobines d'induction,** *induction coils,* apparatus for producing currents by induction and for utilizing them.

Page 180. — 1. **50 centimes,** half a franc, worth about ten cents.

The franc is divided into one hundred centimes, and fractions of a franc are more elegantly reckoned in centimes than in sous.

2. **à voix basse,** *in a low tone.*

3. **au jeu . . . efficace,** *with more or less effective mechanism.*

4. **Philippe Reiss** (1834–1874), became in 1858, a teacher at Friedrichsdorf, near Homburg in southwestern Germany, and there constructed his musical telephone.

5. **voltaïque,** *voltaic,* the same as galvanic, and more commonly used.

Page 181. — 1. **électro-aimant**; cf. page 179, note 2.

2. **M. Graham Bell,** the celebrated scientist and inventor, born at Edinburgh in 1847; came to Canada in 1870, and to Boston in 1872. He is a member of several learned societies and has published many scientific monographs. In recent years his residence has been in Washington, D. C.

3. **Alexandre Melville Bell,** an educator, born in 1819. He came to Canada with his son in 1870, and removed to Washington in 1881. He has been widely known among educators as the inventor of "Visible Speech," a method of instruction in orthoepy.

4. **à ce qu'il nous assure,** *as he assures us.*

5. **M. Helmholtz** (1821–1894), an able German physicist and physiologist born at Potsdam, near Berlin. He became professor of physiology at the University of Heidelberg in 1858, and in 1871 was called to the chair of physics in the University of Berlin.

6. **Morse** (1791–1872), born at Charlestown, Mass. He was educated at Yale College, and became an inventor, painter, and author. His invention of the electric telegraph which made him famous was successfully brought before the public in 1844.

Page 182. — 1. **Paul Lacour,** a Danish physicist and meteorologist, born 1846.

2. **Elisha Gray** (1835–1901), born near Barnesville, Ohio, studied at Oberlin College, and lived later at Highland Park, near Chicago. As an electrician he was the inventor of important appliances.

3. **Edison,** the famous electrician and inventor, born at Milan, Ohio, in 1847; has resided recently at West Orange, New Jersey.

4. **Varley** (1823–1883), an English inventor; aided in the advance of telegraphy.

5. **Malden**, a manufacturing town just north of Boston, on the Boston and Maine Railroad.

6. **fit entendre**, *sang.*

Page 183. — 1. **boutons d'attache**, *binding posts.*

2. **entrer en contact**, *come into contact.*

Page 184. — 1. **Bruxelles**, *Brussels*, about 200 miles from Paris and 500 miles from Berlin. In Belgium the *x* of *Bruxelles* is usually pronounced as *x*, but in France more commonly as *ss*.

2. **Reims**, *Rheims* or *Reims*, historically one of the most interesting cities of France, situated 98 miles northeast of Paris. It is noted for its cathedral, which is one of the most elaborate Gothic edifices of Europe, and in which the kings of France have, with very few exceptions, been crowned since 1173.

3. **Rouen**; cf. page 65, note 4.

4. **le Havre**; cf. page 54, note 3.

5. **très conducteur**, *which is a very good conductor.*

6. **bronze siliceux**; copper wire is now preferred in the United States.

Page 185. — 1. **lignes ferrées**, *railway lines.*

XXVII. L'AUTOMOBILE

2. **l'Exposition de 1899.** Reference is made to an Automobile Exposition which was held at the *Jardin des Tuileries* in Paris during the month of June, 1899.

3. **allumage par brûleur**, *ignition by burner.* In this process the carburetted mixture (air and gasoline vapor) is brought in contact with a platinum tube, raised to incandescence by means of a burner.

Page 186. — 1. **en cours de route**, *along the way.*

2. **vu**, *considering, as compared with.*

Page 187. — 1. **est animée d'une**, *moves at a.*

2. **roulements à billes**, *ball bearings.*

3. **frein au pied**, *foot-brake.*

4. **différentiel**; the *differential* of an automobile is a device for regulating the relative velocities of the two driving wheels in rounding a curve or turn of the road.

5. **frein à main**, *hand-brake.*

Page 188. — 1. **mise en marche**, *starting, getting up speed.*

2. **voiture de course**, *racing machine.*

3. **que**; omit in translation.

4. **abordable pour les bourses moyennes**, *within the reach of the average purse.*

Page 189. — 1. 50%; read: *50 pour cent* ("per cent").

2. **cheval de selle**, *saddle-horse.*

3. **cheval de trait**, *draft-horse.*

4. **homme d'affaires**, *business man.*

5. **à ses heures**, *at times.*

6. **sans paraître s'en apercevoir**, *without appearing to notice it.*

Page 190. — 1. **avatar**, in Hindu mythology, the incarnation of a god; so, a remarkable appearance of any kind, an object of admiration.

2. **vélocipédiques**, *of cycles.*

3. **kilog.**; read: *kilogrammes.*

4. **roues motrices**, *driving wheels.*

5. **nickelage de luxe**, *superior nickel-plate.* Compare the expression *édition de luxe*, now much used in the United States of a rich and artistic edition of an author's works.

6. **réservoir d'essence**, *gasoline tank.*

7. **carburateur**, *carbureter* or *carburettor*, in gasoline motors an appliance for producing a mixture of air and gasoline vapor.

8. **piles sèches**, *dry piles* (or *batteries*), a form of the voltaic pile, constructed without the use of a liquid.

Page 191. — 1. **bobine d'induction**; cf. page 179, note 4.

2. **carter en aluminium**, *aluminum case.*


VOCABULARY

VOCABULARY

A

à, to, at, with, by, for, in, on.
abaissement, *m.*, lowering, falling, fall, depression.
abaisser, to lower; **s'—,** to fall, sink.
abandonner, to abandon, surrender, give up.
abattre, to fell, cut down.
abbé, *m.*, abbé, abbot, priest
abdominal, -e, abdominal.
abeille, *f.*, bee.
abîme, *m.*, abyss.
abondamment, abundantly, in abundance.
abondance, *f.*, abundance.
abondant, -e, abundant.
abonder, to abound.
abord, *m.*, approach; **d'—,** at first; **tout d'—,** at the very first.
abordable, approachable.
aborder, to approach, enter upon.
aboutir, to end, come out, terminate.
abri, *m.*, shelter, cover, screen; **mettre, placer à l'—,** to shelter, protect.
abriter, to shelter, shield; **s'—,** to take shelter.
abrupt, -e, rugged, abrupt.
absence, *f.*, absence.
absolu, -e, absolute, positive.
absolument, absolutely, positively.
absorbant, -e, absorbent.
absorber, to absorb.
absorption, *f.*, absorption.
abstraction, *f.*, abstraction; **faire — de,** to take away, exclude.
abstrait, -e, abstract, abstruse.
acacia, *m.*, acacia.
accabler, to overwhelm.
accélérer, to accelerate, quicken, hasten.
accentué, -e, accentuated, marked, decided.
accentuer (s'), to be accentuated, emphasized.
acception, *f.*, acceptation, sense, meaning.
accessible, accessible.
accessoire, accessory.
accident, *m.*, accident.
accidentel, -le, accidental, occasional.
accidentellement, accidentally.
accommodation, *f.*, adjustment.
accommoder, to accommodate, adapt; **s'—,** to be adjusted; **s'— de,** to accept readily, get along with.
accompagner, to accompany.
accomplir, to accomplish, complete; **s'—,** to be accomplished.
accomplissement, *m.*, accomplishment, performance.
accord, *m.*, agreement; **être d'—,** to agree, be agreed.
accorder, to accord, give, grant; **s'—,** to agree.

accroissement, *m.,* increase, growth.
accroître (s'), to increase, extend.
accrue, *see* **accroître.**
accumulation, *f.,* accumulation.
accumuler, to accumulate, store up.
acharner (s'), to apply one's self, strive.
achat, *m.,* purchase.
achever, to complete, finish.
achromatique, achromatic.
acide, *m.,* acid.
acidulé, -e, acidulated, acidulous, somewhat acid.
acier, *m.,* steel.
acoustique, *f.,* acoustics, the science of sounds.
acquérir, to acquire, get.
acquise, *see* **acquérir.**
acte, *m.,* act, action.
acti-f, -ve, active.
action, *f.,* action.
actionner, to run, move, drive.
activement, actively.
activité, *f.,* activity, action.
actuel, -le, actual, present.
actuellement, at present, at the present time, now.
acuité, *f.,* acuteness.
adapter, to adapt, apply, fit.
adhérent, -e, adherent.
adhérer, to adhere, stick fast.
adjonction, *f.,* joining.
admettre, to admit.
admirable, admirable.
admiration, *f.,* admiration.
admirer, to admire.
admis, *see* **admettre.**
adonné, -e, addicted, given.
adopter, to adopt.
adoption, *f.,* adoption.
adorer, to worship, adore.
adulte, adult, full grown.
aérien, -ne, aërial, of the air.
aériforme, aëriform, gaseous.
affaiblir, to weaken; **s'—,** to grow faint.
affaiblissement, *m.,* weakening.
affaires, *f. plur.,* business.
affaisser (s'), to sink, subside, give way.
affecter, to affect, assume, appropriate.
affection, *f.,* affection, infirmity.
affirmati-f, -ve, affirmative.
affirmation, *f.,* affirmation.
affirmer, to affirm, assert.
affreu-x, -se, dreadful, frightful, terrible.
affronter, to face.
affût, *m.,* gun-carriage.
afin de, in order to; **afin que,** in order that.
africain, -e, African.
Afrique, *f.,* Africa.
âge, *m.,* age, century; **moyen —,** Middle Ages.
âgé, -e, old, aged.
agent, *m.,* agent.
agglomération, *f.,* agglomeration, mass.
aggloméré, -e, agglomerated.
agilité, *f.,* agility.
agir, to act, work; **s'— de,** to be a question of.
agitation, *f.,* agitation.
agiter, to agitate, shake, stir; **s'—,** to stir, move.
agrafe, *f.,* hook, clasp.
agrandir, to enlarge, magnify.
agricole, agricultural.
agriculture, *f.,* agriculture.
agronome, *m.,* agriculturist.
aide, *f.,* aid, assistance.
aider, to aid.
aient, *see* **avoir.**
aigu, -e, acute.
aiguille, *f.,* needle, point.
aiguiser, to whet, sharpen.
aile, *f.,* wing.
ailette, *f.,* wing, blade, wheel, paddle, fan, vane.
ailleurs, elsewhere; **d'—,** besides moreover.
aimable, amiable, attractive.

aimant, *m.*, **pierre d'—**, loadstone, magnet.
aimantation, *f.*, magnetization.
aimanté, -e, magnetic, magnetized.
aimanter, to magnetize.
aimer, to love, like.
aîné, -e, elder, eldest, senior.
ainsi, thus, so; **— que**, as well as, just as, as.
air, *m.*, air, wind; **en plein —**, in the open air.
aire, *f.*, area.
aisé, -e, easy.
aisément, easily.
ait, *see* **avoir**.
ajouter, to add; **s'—**, to be added.
ajuster, to adjust; **s'—**, to fit.
albâtre, *m.*, alabaster.
aliment, *m.*, food, nutrition.
alimentaire, alimentary.
alimentation, *f.*, alimentation, nutrition.
alimenter, to feed, supply.
alizé, trade (of wind).
Allemagne, *f.*, Germany.
allemand, -e, German.
Allemand, *m.*, German.
aller, to go.
alliage, *m.*, alloy.
allier, to combine, alloy.
allongé, -e, lengthened, long, elongated.
allonger, to lengthen; **s'—**, to lengthen, be lengthened, grow longer.
allumage, *m.*, lighting.
allumer (s'), to be lighted, kindled.
allumette, *f.*, match.
allure, *f.*, speed, motion, manner, way.
alors, then; **— que**, when.
Alpes, *f. pl.*, Alps.
alpha, *m.*, alpha, name of star.
alphabet, *m.*, alphabet.
alpin, -e, Alpine.
altération, *f.*, change, deterioration.
altérer, to injure, mar, impair, lessen, change.
alternative, *f.*, alternative.
alternativement, alternately.
aluminium, *m.*, aluminium, aluminum.
amarrer, to make fast.
amas, *m.*, heap, hoard, mass.
amasser, to heap, heap up.
amateur, *m.*, lover, amateur.
ambassade, *f.*, embassy.
ambre, *m.*, amber.
aménagement, *m.*, management.
amener, to bring, bring about, induce.
américain, -e, American.
Amérique, *f.*, America; **— du Sud**, South America; **— du Nord**, North America.
ami, *m.*, friend.
amidon, *m.*, starch.
amincir, to make thin; **s'—**, to become thin.
ammoniacal, -e, ammoniacal, ammoniac, relating to ammonia.
ammoniaque, *f.*, ammonia.
amoindrir, to lessen.
amonceler, to heap up, accumulate.
amoncellement, *m.*, heaping up. accumulation.
amorphe, amorphous.
amour, *m.*, love.
amphibie, amphibious.
amphore, *f.*, amphora.
amplifiant, -e, magnifying.
amplification, *f.*, enlargement, increase.
amplifié, -e, enlarged, magnified.
amplifier, to enlarge, magnify.
ampoule, *f.*, vessel, vial, blister, bubble.
amusement, *m.*, amusement.
amuser (s'), to amuse one's self, enjoy one's self.
an, *m.*, year.

analogie, *f.*, analogy, similarity.
analogue, analogous, similar.
analyse, *f.*, analysis.
analyser, to analyze.
anatomie, *f.*, anatomy.
anatomique, anatomical.
anatomiste, *m.*, anatomist.
ancêtre, *m.*, ancestor.
ancien, -ne, ancient, old, former.
ancien, *m.*, ancient.
anciennement, formerly.
ancienneté, *f.*, oldness, antiquity.
Andes, *f.*, Andes.
anéantir, to annihilate, destroy.
anémone, *f.*, anemone, wind-flower.
anfractuosité, *f.*, anfractuosity, winding and turning.
anglais, -e, English.
Anglais, *m.*, English, Englishman.
angle, *m.*, angle.
Angleterre, *f.*, England.
animal, -e, animal.
animal, *m.*, animal.
animé, -e, animated, living, animate.
animer, to animate, enliven; **s'—,** to become animated.
annales, *f. plur.*, annals.
anneau, *m.*, ring.
année, *f.*, year.
annoncer, to announce, foretell.
annuel, -le, annual, yearly.
annulaire, annular, ring-shaped.
anomalie, *f.*, anomaly, irregularity.
anormal, -e, abnormal, irregular.
anse, *f.*, handle.
antagoniste, antagonistic.
antédiluvien, -ne, antediluvian.
antéhistorique, prehistoric.
antérieur, -e, anterior, previous, front, fore.
anthropologiste, *m.*, anthropologist, one versed in the science of man.
Antilles, *f.*, Antilles, West Indies.
antique, antique, ancient.
antiquité, *f.*, antiquity.
apercevoir, to perceive; **s'—,** to perceive, be perceived.
aperçu, *m.*, glimpse, thought, hint; *see* **apercevoir.**
aplanir, to level.
aplati, -e, flattened, flat.
aplomb, *m.*, perpendicularity.
apparaître, to appear.
appareil, *m.*, apparatus, appliance, instrument.
apparence, *f.*, appearance.
apparent, -e, apparent.
apparition, *f.*, apparition, appearance.
appartement, *m.*, apartments, rooms.
appartenir, to belong, pertain.
apparu, *see* **apparaître.**
appeler, to call, name; **s'—,** to be called, named.
applaudir à, to applaud, commend.
applaudissements, *m. pl.*, applause.
applicable, applicable.
application, *f.*, application.
appliquer, to apply, put, lay; **s'—,** to be applied.
apport, *m.*, contribution.
apporter, to bring, cause, occasion, use, apply.
appréciable, appreciable.
appréciation, *f.*, estimate.
apprécier, to appreciate.
apprendre, to apprize (of), inform (of), acquaint (with), learn, teach.
appris, *see* **apprendre.**
approcher (de), to approach, draw near (to), bring near (to); **s'—de,** to approach.
approfondi, -e, thorough, exhaustive.
approprier, to adapt.
approximation, *f.*, approximation.

approximativement, approximately.
appui, *m.*, support.
appuyé, -e, supported, resting.
appuyer, to support, rest, press, lean; **s'—**, to support one's self, press, rely, depend.
après, after, afterwards; **— que**, after; **d'—**, according to, from.
apte, apt, fit, suited.
aptitude, *f.*, aptitude, fitness.
aquatique, aquatic,
aqueu-x, -se, aqueous.
Arabe, *m.*, Arabian, Arab.
arbre, *m.*, tree, shaft.
arbuste, *m.*, shrub.
arc, *m.*, arc, arch.
arc-en-ciel, *m.*, rainbow.
arche, *f.*, arch.
archéologue, *m.*, archæologist.
archiduc, *m.*, archduke.
architectural, -e, architectural.
architecture, *f.*, architecture.
ardent, -e, ardent, burning.
ardeur, *f.*, heat, burning.
arête, *f.*, ridge, edge.
argent, *m.*, silver, money.
argile, *f.*, clay.
argileu-x, -se, clayey, clayish.
argument, *m.*, argument.
armature, *f.*, armature.
arme, *f.*, arm, weapon; **—s à feu**, fire-arms.
armer (s'), to arm one's self.
aromatique, aromatic.
arracher, to tear away, snatch, wrest.
arrêt, *m.*, arrest, stop.
arrêter, to stop, arrest, check; **s'—**, to stop.
arrière, behind, backward.
arrière, *m.*, rear, stern, back; **en —**, backward, ago.
arriéré, -e, backward, ancient.
arrivée, *f.*, arrival.
arriver, to happen, arrive, succeed, reach.
arrondir, to round.
arroser, to sprinkle, shower, wet through.
art, *m.*, art.
article, *m.*, article, subject.
articuler, to articulate.
artifice, *m.*, artifice, contrivance.
artificiel, -le, artificial.
artificiellement, artificially.
artiste, *m.*, artist.
ascendant, -e, ascending.
ascension, *f.*, ascent, rise.
Asie, *f.*, Asia.
asile, *m.*, place of refuge, shelter.
aspect, *m.*, aspect, appearance.
aspirer à, to aspire after.
assainir, to make wholesome, render fertile, productive.
assainissement, *m.*, making healthy, wholesomeness, fertility, healthfulness, drainage.
assassiner, to assassinate.
assemblage, *m.*, collection, junction, joint, coupling.
assemblée, *f.*, assembly.
asseoir, to set, place, establish.
assertion, *f.*, assertion, statement.
assez, enough, quite, sufficiently, tolerably, rather.
assidu, -e, assiduous, diligent.
assigner, to assign.
assimilation, *f.*, comparison.
assimiler, to assimilate, compare; **s'—**, to assimilate.
assistant, *m.*, person present, onlooker, assistant.
assister à, to be present at, attend.
association, *f.*, association.
associer, to associate, unite.
assujettir, to fasten, make fast, firm.
assurance, *f.*, insurance, assurance.
assurer, to render safe, assert, assure, secure; **s'— (de)**, to make sure (of), ascertain.
astre, *m.*, star, heavenly body; **— du jour**, sun.

astronome, *m.*, astronomer.
astronomie, *f.*, astronomy.
astronomique, astronomical.
athlétique, athletic,
Atlantique, Atlantic.
atmosphère, *f.*, atmosphere.
atmosphérique, atmospheric.
atome, *m.*, atom.
attacher, to attach, fasten, tie; **s'—**, to be fastened, stick, adhere, be fixed; **s'— à**, to endeavor to.
attaque, *f.*, attack.
attaquer, to attack; **s'— à**, to encounter.
atteindre, to reach, attain, arrive at, strike, hit.
atteinte, *f.*, attack, touch, contact.
attendre, to wait for, await.
attendu que, considering that.
attenti-f, -ve, attentive.
attention, *f.*, attention.
attentivement, attentively.
atténué, -e, attenuated, weakened.
atténuer, to attenuate, weaken.
attester, to attest.
attirer, to attract, draw; **s'—**, to attract each other.
attouchement, *m.*, touch.
attraction, *f.*, attraction.
attrait, *m.*, attraction, charm.
attribuer, to attribute, ascribe.
attribut, *m.*, attribute.
au, to the, at the, in the.
auberge, *f.*, inn, tavern.
aucun, -e, any; **ne . . . —**, no, not any, none.
audacieu-x, -se, daring, bold.
auditoire, *m.*, audience.
augmentation, *f.*, increase.
augmenter, to augment, increase.
aujourd'hui, to-day.
auparavant, before.
auquel, to whom, to which.
aurait, *see* **avoir**.
aurochs, *m.*, aurochs, bison.
aurore, *f.*, dawn, aurora; **— boréale**, aurora borealis.
aussi, also, too, likewise, therefore, so, as.
aussitôt, immediately; **— que**, as soon as.
Australie, *f.*, Australia.
autant, as much, so much, as many, so many; **d'— plus**, so much the more; **d'— moins**, so much the less.
autel, *m.*, altar.
auteur, *m.*, author.
authentique, authentic.
automne (**m** *silent*), *m.*, autumn.
automobile, *f.*, automobile.
automobilisme, *m.*, automobiling.
autorisation, *f.*, authorization.
autoriser, to authorize.
autorité, *f.*, authority.
autour (de), around, round.
autre, other; **d'—s**, others.
autrefois, formerly.
autrement, otherwise, differently.
Autriche, *f.*, Austria.
auxquels, auxquelles, to whom, to which, at which.
avance, *f.*, advance; **d'—, par —**, in advance.
avancé, -e, advanced.
avancer, to advance, hold; **s'—**, to advance, move.
avant, before, far; **— de, — que**, before.
avant, *m.*, front; **en —**, forward, in front; **en — de**, before, in front of.
avantage, *m.*, advantage.
avare, avaricious, sparing.
avarie, *f.*, damage, injury.
avec, with.
avenir, *m.*, future.
avertir, to inform, advise, warn.
aveugle, blind.
aveugle, *m.*, blind man.
aviser (s'), to bethink one's self, take it into one's head.
avocat, *m.*, lawyer.

avoir, to have.
avoisinant, -e, neighboring, adjacent.
avoisiner, to be near, border upon, be adjacent to.
axe, *m.*, axis.
axiome, *m.*, axiom.
ayant, *see* **avoir**.
azote, *m.*, azote, nitrogen.

B

bac, *m.*, ferry-boat.
bague, *f.*, ring.
baie, *f.*, bay.
baigner, to bathe.
bain, *m.*, bath.
baisser, to drop, fall.
balance, *f.*, pair of scales.
balancement, *m.*, swinging, rocking.
balancier, *m.*, pendulum, balance, walking-beam, cross-beam.
balcon, *m.*, balcony.
balle, *f.*, ball, bullet.
ballon, *m.*, balloon.
balustrade, *f.*, railing.
bambou, *m.*, bamboo.
bande, *f.*, band, strip.
bannir, to banish.
baquet, *m.*, tub, bucket.
barbarie, *f.*, barbarity.
barbe, *f.*, beard, feather (of quills).
barillet, *m.*, condenser.
baromètre, *m.*, barometer.
barométrique, barometric.
barque, *f.*, bark, boat.
barre, *f.*, bar, bank.
barreau, *m.*, bar.
barrière, *f.*, barrier.
bas, -se, low.
bas, *m.*, bottom; **en —**, downward, below, down.
basané, -e, sunburnt, swarthy.
base, *f.*, basis, base, foundation.
baser, to base.
bassin, *m.*, basin; **— houiller**, coal-field, coal-basin.
bateau, *m.*, boat; **— à vapeur**, steamboat.
bâtiment, *m.*, building, ship, boat, vessel; **— à voiles**, sailing vessel; **en —**, upon a building.
bâtir, to build.
bâton, *m.*, stick, staff.
baume, *m.*, balm, mint.
beau, bel, belle, fine, beautiful, fair.
beau, *m.*, fair weather, fair.
beaucoup, much, many.
beauté, *f.*, beauty.
bec, *m.*, burner.
bêche, *f.*, spade.
bel, *see* **beau**.
Belgique, *f.*, Belgium.
belle, *see* **beau**.
belle-de-nuit, *f.*, four-o'clock.
béquille, *f.*, crutch, bar, rod, lever.
berger, *m.*, shepherd.
besoin, *m.*, need; **au —**, in case of need.
bétail, *m.*, cattle, live-stock.
bête, *f.*, beast, animal.
bicarboné, -e, carbureted; **hydrogène —**, marsh gas.
biconvexe, biconvex.
bicyclette, *f.*, bicycle.
bielle, *f.*, connecting-rod.
bien, well, right, indeed, very, quite, much, many; **ou —**, either, or else.
bien que, although.
bien-être, *m.*, welfare, comfort.
bienfaisant, -e, beneficent, kind.
bienfait, *m.*, benefit, advantage.
bientôt, soon.
binoculaire, binocular, of both eyes.
bisannuel, -le, biennial.
bizarre, bizarre, odd, strange.
blanc, blanche, white.
blanc, *m.*, white, white color.
blanchâtre, whitish.

blancheur, *f.*, whiteness.
blesser, to wound.
bleu, -e, blue.
bleu, *m.*, blue.
bleuâtre, bluish.
bloc, *m.*, block, boulder.
bobine, *f.*, bobbin, reel, coil.
bœuf, *m.*, ox.
boire, to drink.
bois, *m.*, wood, horn.
boîte, *f.*, box, case.
bol, *m.*, bowl.
bon, -ne, good.
bonheur, *m.*, happiness, good fortune.
bord, *m.*, border, edge, brink; **à —,** on board.
border, to border, line.
bordure, *f.*, border, bordering.
boréal, -e, boreal, northern.
borne, *f.*, limit.
borner, to limit; **se —,** to limit one's self, be limited.
botaniste, *m.*, botanist.
bouche, *f.*, mouth.
boucher, to stop, stop up.
bouchon, *m.*, stopper, cork.
boue, *f.*, mud, mire.
bougie, *f.*, wax-candle, candle.
bouillant, -e, boiling.
bouillir, to boil.
boule, *f.*, ball.
bouleau, *m.*, birch-tree.
boulet, *m.*, ball, bullet.
boulon, *m.*, bolt.
bouquetin, *m.*, wild goat.
bourbeu-x, -se, miry, muddy.
bourgeon, *m.*, shoot, bud.
bourse, *f.*, purse.
boussole, *f.*, compass; **— marine,** mariner's compass, sea-compass.
bout, *m.*, end.
bout, *see* **bouillir.**
bouteille, *f.*, bottle.
bracelet, *m.*, bracelet.
branche, *f.*, branch.
bras, *m.*, arm.
brasier, *m.*, brazier, fire of live coals.
braver, to brave, set at defiance.
brebis, *f.*, sheep.
brèche, *f.*, breach, break, gap.
Brésil, *m.*, Brazil.
brevet, *m.*, patent.
breveté, -e, patented.
bride, *f.*, bridle.
brillant, -e, bright, brilliant.
briller, to shine.
brin, *m.*, blade, spear, bit.
brique, *f.*, brick.
brise, *f.*, breeze; **— de mer,** sea breeze; **— de terre,** land breeze.
brisé, -e, broken.
briser, se —, to break.
bronze, *m.*, bronze, hard brass.
brouillard, *m.*, fog, mist.
brouter, to browse, feed on.
bruit, *m.*, noise, report, roar.
brûlant, -e, burning; hot.
brûler, to burn.
brûleur, *m.*, burner.
brûlure, *f.*, burn.
brun, -e, brown, dark.
brusque, sudden, abrupt.
brusquement, abruptly, suddenly, unexpectedly.
brut, -e, rough, unpolished.
brutal, -e, brutal, rough.
bruyère, *f.*, heath, heather.
bûche, *f.*, log, stick of wood.
bulle, *f.*, bubble.
but, *m.*, aim, end, purpose.

C

ça, here.
cabane, *f.*, cottage, cabin, hut.
câble, *m.*, cable.
cacher, to conceal, hide.
cadavre, *m.*, corpse, dead body.
cadran, *m.*, dial, card.
cadre, *m.*, frame, outline.
caillou, *m.*, flint, pebble.
caisse, *f.*, box, chest, drum, frame.

calcaire, calcareous.
calcul, *m.*, calculation.
calculer, to calculate.
calme, *m.*, calm.
calme, calm, quiet.
calorifique, calorific, heating.
calorique, *m.*, caloric, heat.
camée, *m.*, cameo.
campagnard, *m.*, countryman.
campagne, *f.*, country, region, rural district.
canal, *m.*, canal, channel, conduit.
canalisation, *f.*, canalization.
canard, *m.*, duck.
canon, *m.*, cannon.
canot, *m.*, boat, canœ.
cantatrice, *f.*, public singer.
caoutchouc, *m.*, rubber.
cap, *m.*, head.
capable, capable, able.
capacité, *f.*, capacity.
capitaine, *m.*, captain.
capital, -e, capital, chief, leading.
caprice, *m.*, caprice, whim.
capricieu-x, -se, capricious.
car, for, because.
caractère, *m.*, characteristic, character.
caractériser, to characterize.
caractéristique, characteristic.
carafe, *f.*, carafe, water-bottle.
carbonate, *m.*, carbonate.
carbonaté, -e, in the form of a carbonate.
carbone, *m.*, carbon.
carbonifère, carboniferous.
carbonique, carbonic.
carbonisé, -e, carbonized, charred.
carboniser, to carbonize, char.
carburé, -e, carburized, rich in carbon.
cardium, *m.*, kind of mollusk, cockle.
carnivore, carnivorous.
carré, -e, square.
carré, *m.*, square.
carreau, *m.*, square, pane.
carrossable, for carriages.
carte, *f.*, map, chart, card.
carton, *m.*, pasteboard, card, cardboard.
cas, *m.*, case.
cassant, -e, brittle, breakable.
casser, to break.
castor, *m.*, beaver.
cataclysme, *m.*, cataclysm, deluge, subversion, overthrow.
cathédrale, *f.*, cathedral.
cause, *f.*, cause, reason; **à — de**, on account of.
causer, to cause.
cavalier, *m.*, horseman, rider.
caverne, *f.*, cavern, cave.
cavité, *f.*, cavity, hollow.
ce, this, that, it, he, she, they.
céder, to yield, give way.
ceinture, *f.*, girdle, belt, zone.
cela, that.
célèbre, celebrated.
céleste, celestial.
celle, she, that, the one; **—-ci**, this one, this, the latter.
cellule, *f.*, cell.
celui, he, that, the one; **—-ci**, this one, the latter.
cendre, *f.*, cinder, ashes.
cendré, -e, ash-colored, grayish.
cent, hundred.
cent-millionième, hundred-millionth.
centaine, *f.*, hundred.
Centaure, *m.*, Centaur.
centième, *m.*, hundredth.
centimètre, *m.*, centimeter (.3937 of an inch).
central, -e, central.
centre, *m.*, center.
centrifuge, centrifugal.
cependant, however, yet, nevertheless.
céramique, *f.*, ceramics.
cercle, *m.*, circle, sphere.
céréale, *f.*, cereal.
cerf, *m.*, deer, stag.
certain, -e, certain.
certainement, certainly.

certes, certainly, surely.
certifier, to certify.
certitude, *f.*, certainty.
cerveau, *m.*, brain.
cesse, *f.*, ceasing; **sans** —, incessantly, continually.
cesser, to cease.
cet, *m.*, **cette**, *f.*, this, that.
ceux, *plur. of* **celui**.
chacun, **-e**, each one, every one.
chaîne, *f.*, chain, range, ridge.
chair, *f.*, flesh, meat.
chaire, *f.*, pulpit.
chaleur, *f.*, heat, warmth, hot weather, heated period.
chambre, *f.*, chamber, room; — **noire**, — **obscure**, camera obscura, camera.
champ, *m.*, field.
champêtre, rural.
chance, *f.*, chance.
changement, *m.*, change.
changer, to change.
chanter, to sing.
chaos (*ka-o*), *m.*, chaos
chapeau, *m.*, hat.
chapiteau, *m.*, capital.
chaque, each, every.
charbon, *m.*, coal, charcoal, carbon; — **de terre**, pitcoal, bituminous coal.
charge, *f.*, burden, load, charge.
charger, to load, burden, charge; **se** —, to take upon one's self, undertake.
chariot, *m.*, wagon, truck.
charme, *m.*, charm.
charmer, to charm.
charpente, *f.*, timber-work, frame-work, frame, skeleton.
charron, *m.*, wheelwright.
chasse, *f.*, hunting.
chasser, to drive, drive out.
chasseur, *m.*, hunter.
châssis, *m.*, frame, truck.
chat, *m.*, cat.
chatouillement, *m.*, tickling.
chaud, **-e**, warm, hot.
chaudière, *f.*, boiler; — **à vapeur**, steam boiler.
chauffage, *m.*, heating, fuel.
chauffer, to heat, warm, get up steam.
chauffeur, *m.*, chauffeur, automobile-driver.
chaume, *m.*, thatch.
chaussée, *f.*, roadway, road.
chaussure, *f.*, covering for the foot, boot, shoe.
chaux, *f.*, lime.
chemin, *m.*, road, way; — **de fer**, railroad, railway.
chêne, *m.*, oak, oak-tree.
cher, **chère**, dear.
chercher, to search, seek, try, endeavor.
chéti-f, **-ve**, paltry, sorry, wretched.
cheval, *m.*, horse.
chevalet, *m.*, wooden horse, saw-horse.
chevaucher, to ride.
chevelu, *m.*, beard, tuft.
cheveu, *m.*, hair.
chevreuil, *m.*, roebuck, deer.
chez, at, to the house of, among, with, in.
chien, *m.*, dog.
chiffre, *m.*, figure, number.
chimie, *f.*, chemistry.
chimique, chemical.
chimiste, *m.*, chemist.
Chine, *f.*, China.
chinois, **-e**, Chinese.
Chinois, *m.*, Chinese.
choc, *m.*, shock, blow, impact.
choisir, to choose.
choroïde, *f.*, choroid.
chose, *f.*, thing, matter.
chou, *m.*, cabbage.
chrétien, **-ne**, Christian.
christianisme, *m.*, Christianity.
Christophe, *m.*, Christopher.
chromosphère, *f.*, chromosphere.
chronologique, chronological, of time.

chute, *f.*, fall, lapse.
ci-devant, before previously.
ciel, *m.*, heaven, sky, firmament, crown, roof.
cime, *f.*, summit, top.
ciment, *m.*, cement.
cimetière, *m.*, cemetery.
cinq, five.
cinquante, fifty.
cinquantième, fiftieth.
circonférence, *f.*, circumference.
circonscrit, **–e**, circumscribed, limited.
circonstance, *f.*, circumstance.
circuit, *m.*, circuit.
circulaire, circular.
circulairement, circularly, in a circle.
circulation, *f.*, circulation, traffic.
circuler, to circulate, revolve.
cire, *f.*, wax.
ciseler, to carve, chisel.
cité, *f.*, city.
citer, to cite, mention.
citerne, *f.*, cistern.
civilisation, *f.*, civilization.
civilisé, **–e**, civilized.
clair, **–e**, clear, bright.
clairement, clearly.
clair-obscur, *m.*, light and shade, chiar-oscuro.
clarté, *f.*, brightness, light.
clavicule, *f.*, clavicle, collar-bone.
clavier, *m.*, keyboard.
climat, *m.*, climate.
cloche, *f.*, bell, receiver, bell jar, holder, cylinder.
cloison, *f.*, wall, partition, septum.
clou, *m.*, nail.
clouer, to nail, nail down.
club, *m.*, club.
cobalt, *m.*, cobalt.
coexister, to coexist.
coffre, *m.*, box, seat (of coaches).
coin, *m.*, corner.
coïncider, to coincide.
coke, *m.*, coke.
colchique, *m.*, meadow saffron.
collaboration, *f.*, collaboration, assistance.
collecteur, *m.*, collector, collecting pipe.
collection, *f.*, collection.
collier, *m.*, collar, necklace.
Colomb, *m.*, Columbus.
colonie, *f.*, colony, settlement.
colonne, *f.*, column.
coloration, *f.*, coloration, coloring.
coloré **–e**, colored.
colorer, to color; **se —**, to be colored, to take on color.
coloriste, *m.*, colorist.
colossal, **–e**, colossal.
combattre, to fight, fight against.
combien, how much, how many, how.
combinaison, *f.*, combination.
combiné, **–e**, united, combined.
combiner, **se —**, to combine.
comburant, **–e**, burning, of combustion.
combustible, *m.*, fuel, combustible.
combustion, *f.*, combustion.
comestible, edible.
comète, *f.*, comet.
commander, to command, order.
comme, as, like, as it were, as if, in the matter of, in regard to, a kind of.
commencement, *m.*, beginning, commencement.
commencer, to begin, commence.
comment, how.
commerçant, *m.*, merchant, trader.
commerce, *m.*, commerce, trade, business.
commercial, **–e**, commercial.
commission, *f.*, commission, committee.
commode, convenient, accomodating.
commotion, *f.*, commotion, shock.
commun, **–e**, common.
communication, *f.*, communication.

communiquer, to communicate, impart; **se —,** to be communicated.
compacte, compact.
compagne, *f.*, companion, helpmate.
compagnie, *f.*, company.
comparable, comparable, to be compared.
comparaison, *f.*, comparison.
comparer, to compare.
compartiment, *m.*, compartment.
compas, *m.*, compass, pair of compasses; **— de route,** sea-compass.
compatriote, *m.*, fellow-countryman.
compenser, to compensate for.
complément, *m.*, complement.
compl-et, -ète, complete, total.
complètement, completely, entirely.
compléter, to complete.
complexe, complex.
complication, *f.*, complication.
compliqué, -e, complicated, intricate.
compliquer (se), to become complicated.
comporter, to admit of, allow; **se —,** to behave, act.
composé, -e, compound.
composé, *m.*, compound, composite.
composer, to compose, make up; **se —,** to be composed.
composition, *f.*, composition.
compréhensible, comprehensible.
comprendre, to understand, comprise, include.
compression, *f.*, compression.
comprimer, to compress.
comprirent, *see* **comprendre.**
comprise, *see* **comprendre.**
comprit, *see* **comprendre.**
compromettre, to compromise, injure.
compte, *m.*, account; **tenir — de,** to take account of; **se rendre — de,** to account for, take account of, realize; **rendre — de,** to explain, make clear.
compter, to count, calculate, number, comprise; **se —,** to be reckoned, counted.
comté, *m.*, county, shire.
concave, concave.
concave-convexe, concavo-convex.
concentration, *f.*, concentration.
concentrer, to concentrate; **se —,** to be concentrated.
conception, *f.*, conception.
concerner, to concern, be concerned with.
concevoir, to conceive, imagine, understand.
concluant, -e, conclusive.
conclure, to conclude.
conclusion, *f.*, conclusion.
conçoit, *see* **concevoir.**
concordance, *f.*, agreement.
concorder, to agree.
concourir, to concur, coöperate.
concours, *m.*, coöperation.
condamner (m *silent*), to condemn.
condensateur, *m.*, condenser.
condensation, *f.*, condensation, condensing.
condenser, to condense; **se —,** to be condensed.
condenseur, *m.*, condenser.
condiment, *m.*, condiment, seasoning.
condition, *f.*, condition.
conducteur, *m.*, conductor, driver.
conduc-teur, -trice, leading, conducting.
conduire, to lead, conduct, take, drive, run; **se —,** to behave, act.
conduit, *m.*, pipe, tube, conduit, canal, channel.
conduite, *f.*, conducting, delivery, pipe, canal.
cône, *m.*, cone.

confesser, to confess, acknowledge.
confier, to intrust, extend.
configuration, *f.*, configuration.
confiner, to confine.
confirmation, *f.*, confirmation.
confirmer, to confirm.
confondre, to confound, confuse; **se —**, to be confused.
confondu, **-e**, mingled, blended, confounded, amazed.
conformation, *f.*, form, structure.
conformément (à), conformably (to), in accordance (with).
confortable, *m.*, comfort, convenience.
confus, **-e**, confused, indistinct.
confusément, confusedly, in confusion.
confusion, *f.*, confusion.
congeler, to congeal, freeze.
conique, conical, tapering.
conjecture, *f.*, conjecture.
connaissance, *f.*, acquaintance, knowledge; *plur.*, acquirements, knowledge, attainments.
connaître, to know, understand, be acquainted with.
connexion, *f.*, connection, association.
connu, **-e**, known; *see* **connaître**.
conquérir, to conquer, gain.
conquête, *f.*, conquest.
conquis, *see* **conquérir**.
consacré, **-e**, usual, in use.
consacrer, to devote, appropriate.
consciencieu-x, **-se**, conscientious.
conséquence, *f.*, consequence, effect.
conséquent, *m.*, consequent; **par —**, consequently.
conservatoire, *m.*, conservatory.
conserver, to keep, preserve, keep up; **se —**, to be kept.
considérable, considerable.
considérablement, considerably.
considération, *f.*, consideration.
considérer, to consider.
consistance, *f.*, consistency.
consister (en), to consist (of).
consolider (se), to become solid, grow firm.
consommateur, *m.*, consumer.
consommer, to consume.
constamment, constantly.
constance, *f.*, stability.
constant, **-e**, constant, unchanging.
constater, to ascertain, verify, prove, establish.
constellation, *f.*, constellation.
constellé, **-e**, adorned, set, studded.
constituer, to constitute, form; **se —**, to be formed, constituted.
constitution, *f.*, constitution.
constructeur, *m.*, builder, constructor, maker.
construction, *f.*, structure, construction.
construire, to construct.
consumer, to consume.
contact, *m.*, contact.
contempler, to contemplate.
contemporain, **-e**, contemporaneous.
contenir, to contain.
contenter (se), to content one's self, be satisfied.
contenue, *see* **contenir**.
conteste, *f.*, dispute.
contester, to contest.
contient, *see* **contenir**.
continent, *m.*, continent.
continu, **-e**, continued, continuous.
continuel, **-le**, continual.
continuellement, continually.
continuer, to continue; **se —**, to extend, be continued.
continuité, *f.*, continuity.
contour, *m.*, outline, contour.
contourner, to pass around.
contracter, **se —**, to contract.
contraction, *f.*, contraction.
contradiction, *f.*, contradiction.
contraindre, to compel, force.
contraire, contrary.

contraire, *m.*, contrary, opposite; **au** —, on the contrary.
contrairement, contrary.
contrarier, to contradict, oppose.
contraste, *m.*, contrast.
contraster, to contrast.
contre, against, close to, to.
contrebalancer (se), to be counter-balanced.
contrée, *f.*, country, region.
contrefort, *m.*, spur, projection.
contribuer, to contribute.
contrôle, *m.*, control.
contrôler, to prove, verify.
contusion, *f.*, contusion, bruise.
convaincre, to convince; **se** —, to be convinced.
convenable, proper, suitable.
convenablement, properly.
convenir, to be proper, right, advisable, expedient.
convergence, *f.*, convergence.
convergent, -e, converging.
converger, to converge.
conversation, *f.*, conversation.
convexe, convex.
convexité, *f.*, convexity.
conviction, *f.*, conviction.
convulsion, *f.*, convulsion.
Copenhague, Copenhagen.
coq, *m.*, cock; — **de bruyère**, grouse, woodcock.
coquetterie, *f.*, coquetry.
coquillage, *m.*, shellfish, shell.
coquille, *f.*, shell.
corbillon, *m.*, small basket.
corde, *f.*, cord, string, rope.
corne, *f.*, horn.
cornée, *f.*, cornea.
cornue, *f.*, retort.
corolle, *f.*, corolla.
corps, *m.*, body, frame.
corrélation, *f.*, correlation, reciprocal relation.
correspondance, *f.*, correspondence, connection, intercourse.
correspondant, -e, corresponding.
correspondre, to correspond.
corriger, to correct.
corrompre, to taint, spoil, corrupt.
corrosi-f, -ve, corrosive, eating away.
corrosion, *f.*, corrosion, wearing away, rusting.
cosmique, cosmic.
côte, *f.*, coast, seashore.
côté, *m.*, side, direction; **de** —, to one side, sidewise; **du** —, on the side; **d'un** —, on one side, on (the) one hand; **à — de**, by the side of, besides.
couchant, *m.*, west.
couche, *f.*, layer, coat, stratum, bed, covering.
couché, -e, lying, fallen.
coucher (se), to set, retire, go to bed, lie, rest.
coucher, *m.*, setting; — **de soleil**, sunset.
coudoyer (se), to elbow each other.
couler, to flow.
couleur, *f.*, color.
coup, *m.*, blow, stroke, gust; **tout d'un** —, all at once; **tout à** —, suddenly.
couper, to cut, chop, cut off, stop, check.
couple, *m.*, couple.
courant, -e, running, current.
courant, *m.*, current.
courbe, *f.*, curve.
courber, se —, to bend, curve.
courbure, *f.*, bend, curve, curvature.
courir, to run, go, move.
couronne, *f.*, crown, ring.
couronnement, *m.*, coronation.
couronner, to crown.
courroie, *f.*, strap, belt, chain.
cours, *m.*, course.
course, *f.*, run, course, trip, cruise, race.
court, -e, short.
couteau, *m.*, knife.
coûter, to cost.
coûteu-x, -se, expensive, costly.

couvert, -e, covered; *see* **couvrir.**
couvrir, to cover; **se —**, to cover one's self.
crabe, *m.*, crab.
craindre, to fear.
crainte, *f.*, fear.
cramponner (se), to cling.
crâne, *m.*, skull, cranium.
crânien, -ne, relating to the skull.
cratère, *m.*, crater.
crayon, *m.*, crayon, pencil.
créateur, *m.*, creator.
création, *f.*, creation.
créer, to create, produce, invent.
crépitement, *m.*, crackling.
crépuscule, *m.*, twilight.
crête, *f.*, crest, ridge.
creusage, *m.*, digging.
creusement, *m.*, digging.
creuser, to dig, hollow out.
creuset, *m.*, crucible, melting-pot.
creu-x, -se, hollow.
crise, *f.*, crisis.
cristal, *m.*, crystal; **— de roche**, rock-crystal.
cristallin, *m.*, crystalline lens.
critique, *f.*, criticism.
croire, to believe.
croisade, *f.*, crusade.
croisement, *m.*, intersection.
croiser, to cross.
croissance, *f.*, growth.
croissant, *m.*, crescent.
croissant, -e, increasing.
croissent, *see* **croître.**
croître, to grow.
croûte, *f.*, crust.
crown-glass, *m.*, crown-glass.
croyait, *see* **croire.**
croyance, *f.*, belief.
cru, *see* **croire.**
cru, -e, raw, uncooked.
cruellement, cruelly, severely.
crustacé, *m.*, crustacean, shell-fish.
cubitus, *m.*, ulna (bone of fore-arm).
cuir, *m.*, leather.
cuisine, *f.*, kitchen, cooking, fare, cuisine.
cuisse, *f.*, thigh, leg.
cuisson, *f.*, cooking, baking, firing.
cuit, -e, cooked, baked.
cuivre, *m.*, copper.
culée, *f.*, abutment.
culinaire, culinary.
culte, *m.*, worship.
cultivateur, *m.*, cultivator, farmer.
cultiver, to cultivate.
culture, *f.*, cultivation.
curieu-x, -se, curious.
curieux, *m.*, curious fact.
curiosité, *f.*, curiosity.
cuve, *f.*, vat, tub, tank.
cuvette, *f.*, basin.
cycle, *m.*, cycle.
cygne, *m.*, swan.
cylindre, *m.*, cylinder.
cylindrique, cylindrical, round.

D

daim, *m.*, deer.
dame, *f.*, lady.
Danemark, *m.*, Denmark.
danger, *m.*, danger, peril.
dangereu-x, -se, dangerous.
danois, -e, Danish.
Danois, *m.*, Dane.
dans, in, into, from.
darder, to dart.
date, *f.*, date.
dater, to date.
davantage, more.
de, of, from, off, out of, with, by, to, than, in, upon, on, as.
débarquer, to land.
débarasser, to rid, free; **se —**, to get rid.
débat, *m.*, debate, discussion.
débauche, *f.*, debauch, dissipation.
débit, *m.*, product, output, flow.
déboucher, to pass out, open.
debout, upright, standing.

débris, *m.*, ruins, remains.
début, *m.*, beginning.
deçà: **en** —, on this side.
décharge, *f.*, discharge.
décharger, to discharge.
déchirement, *m.*, tearing, rending, upheaval.
déchirer, to tear, rend, shatter.
décisi-f, **-ve**, decisive.
déclinaison, *f.*, declination, variation, deflection.
décoloré, **-e**, colorless.
décomposer, to decompose; **se** —, to decompose, be decomposed.
décomposition, *f.*, decomposition.
décor, *m.*, decoration, scenery.
découler, to flow, spring, proceed.
découper, to cut up, cut out.
découvert: **à** —, uncovered, exposed.
découverte, *f.*, discovery.
découverts, *see* **découvrir**.
découvrir, to discover, perceive, reveal.
décrire, to describe.
décroître, to decrease, diminish.
dédaigner, to disdain.
dedans, *m.*, inside; **en** —, in.
dédoubler, to make into two.
déduire, to deduce.
défaut, *m.*, defect, fault, flaw, want; **faire** —, to be wanting.
défaveur, *f.*, disfavor.
défavorable, unfavorable.
défectueu-x, **-se**, defective.
défendre, to defend, protect; **se** —, to refrain.
définir, to define.
définition, *f.*, definition.
définitivement, finally, definitely.
déformé, **-e**, deformed, distorted.
déformer (se), to be distorted, change form.
dégagement, *m.*, evolution, liberation, escape.
dégager, to liberate, set free, escape; **se** —, to be liberated, set free, evolved, disengage one's self, get away, get clear, escape.
dégénérer, to degenerate.
dégrader, to wear down, damage.
degré, *m.*, degree.
dehors, outside, out.
dehors, *m.*, exterior, outside; **au** —, out, outside, without; **en** —, out; **en** — **de**, outside of, beyond.
déjà, already.
delà: **au** — **(de)**, beyond.
délai, *m.*, delay.
délétère, deleterious.
délicat, **-e**, delicate, tender.
délicatesse, *f.*, delicacy.
délié, **-e**, untied, loose.
delta, *m.*, delta.
déluge, *m.*, flood, deluge.
demander, to ask, require, need; **se** —, to ask one's self.
démanteler, to dismantle.
démarrage, *m.*, starting.
demeurant: **au** —, however, after all.
demeure, *f.*, abode, dwelling-place, dwelling.
demeurer, to dwell, live, remain.
demi **-e**, half.
demi, *m.*, half; **à** —, half.
demi-heure, *f.*, half-hour.
demi-milliardième, half thousand-millionth.
demi-siècle, *m.*, half-century.
démocratique, democratic.
démolir (se), to be demolished, pulled down.
démonstrati-f, **-ve**, demonstrative.
démonstration, *f.*, demonstration.
démonter, to take to pieces, take apart.
démontrer, to demonstrate, prove, show.
dense, dense.
densité, *f.*, density.
dent, *f.*, tooth.
dentelé, **-e**, lace-like, serrated.
dentelure, *f.*, denticulation, indentation.

départ, *m.*, departure, starting.
dépasser, to pass, extend, exceed.
dépêche, *f.*, dispatch.
dépendance, *f.*, dependence.
dépendant, -e (de), dependent (on).
dépendre (de), to depend (upon).
dépens, *m. plur.*, expense.
dépense, *f.*, expense, expenditure, outlay.
dépenser, to expend, consume.
déplacemant, *m.*, displacement, shifting, change of place.
déplacer (se), to change one's place, be shifted.
déployer, to unfold, spread out; **se —**, to be spread out, displayed.
dépoli, -e, rough, unpolished, unground.
déposer, to deposit; **se —**, to be deposited.
dépôt, *m.*, deposit, sediment.
dépouille, *f.*, skin, hide.
dépouiller, to strip, deprive, skin.
dépression, *f.*, depression.
depuis, since, from, during, later, for.
dépurateur, *m.*, purifier.
dériver, to be derived, spring.
dern-ier, -ière, last, farthest, latter.
dérober (à, from**)**, to hide, shroud, cover, conceal.
derrière, behind.
des, some, of the, from the.
dès, from; **— que**, as soon as, when.
désaccord, *m.*, disagreement.
désagréable, disagreeable, unpleasant.
désaimantation, *f.*, demagnetization.
désaimanter, to demagnetize.
désastre, *m.*, disaster.
désastreu-x, -se, disastrous.
descendant, -e, descending.
descendant, *m.*, descendant.
descendre, to descend.
description, *f.*, description.
désert, -e, deserted, forsaken.
désert, *m.*, desert.
désigner, to designate, point out.
désirer, to desire.
désordonné, -e, disorderly, unrestrained.
désordre, *m.*, disorder.
desormais, henceforth.
desquel-s, -les, of which.
dessécher, to dry, dry up, drain; **se —**, to dry, dry up.
dessiccation, *f.*, drying.
dessin, *m.*, design, figure, drawing, sketch.
dessiner, to draw, outline, delineate; **se —**, to be delineated.
dessous, under, underneath; **par —**, underneath.
dessous: au— (de), below, below it, under.
dessus: au— (de), above, over, beyond.
dessus: par—, over.
destinée, *f.*, destiny.
destiner, to intend, design, destine.
destruc-teur, -trice, destructive.
destruction, *f.*, destruction.
détacher, to detach, tear off; **se —**, to be detached, break loose.
détail, *m.*, detail.
détente, *f.*, expansion.
détermination, *f.*, determination, determining, calculation.
déterminé, -e, definite, fixed, given, determined.
déterminer, to determine, occasion, cause, bring about.
déterrer, to unearth, exhume.
détonation, *f.*, detonation, explosion.
détruire, to destroy; **se —**, to be destroyed.
deux, two; **les —, tous —, tous les —**, both.
deuxième, second.
devancier, *m.*, predecessor.

devant, before, in front of.
développé, -e, developed, evolved, full grown.
développement, *m.*, development.
développer, to develop; **se —**, to expand, be developed.
devenir, to become.
déverser (se), to pour, spread.
déviation, *f.*, deviation, deflection.
deviendrait, deviendront, *see* **devenir**.
devint, *see* **devenir**.
dévier, to deviate, swerve, turn aside.
deviner, to guess, conjecture.
devient, *see* **devenir**.
dévoiler, to unveil, disclose.
devoir, to owe, ought, must, be to, have to, be due to.
dévolu, -e, à, vested in, devolving upon.
dévouement, *m.*, devotion.
devra, devrait, *see* **devoir**.
diagonal, -e, diagonal.
diamant, *m.*, diamond.
diamétralement, diametrically.
diamètre, *m.*, diameter.
diaphane, diaphanous, transparent.
diaphragme, *m.*, diaphragm, membrane.
diapré, -e, variegated, gaily colored.
Dieu, *m.*, God.
différemment, differently.
différence, *f.*, difference.
différencier, to distinguish, differentiate.
différent, -e, different, several.
différer, to differ, be different.
difficile, difficult.
difficilement, with difficulty.
difficulté, *f.*, difficulty.
difformité, *f.*, deformity.
diffus, -e, diffuse, ample.
diffusion, *f.*, diffusion, extension.
digne, worthy.
dilatation, *f.*, expansion.
dilater, se —, to dilate, expand.
dimension, *f.*, dimension.
diminuer, to diminish, decrease.
diminution, *f.*, diminution, decrease.
dire, to say, tell, speak, name, call; **c'est-à-—**, that is to say; **pour ainsi —**, so to speak; **à vrai —**, to tell the truth.
direct, -e, direct.
directement, directly, immediately.
direction, *f.*, direction.
diriger, to direct; **se —**, to proceed, go, turn, point, be directed.
discernable, discernible.
discerner, to discern.
disciple, *m.*, disciple, follower.
discontinu, -e, interrupted, irregular.
discordance, *f.*, inconsistency.
discussion, *f.*, discussion.
discuter, to discuss.
disons, *see* **dire**.
disparaître, to disappear, vanish.
disparate, dissimilar, unlike.
disparition, *f.*, disappearance.
disparu, *see* **disparaître**.
dispendieu-x, -se, expensive, costly.
disponible, available.
disposer, to dispose, arrange.
disposition, *f.*, arrangement, disposition, humor, mood, disposal.
disputer (se), to dispute, contend for.
disque, *m.*, disk.
dissemblable, dissimilar, unlike.
disséminer, to disseminate.
disserter, to discourse, debate dispute.
dissocier, to dissociate, disunite resolve; **se —**, to be resolved.
dissolution, *f.*, solution.

dissolvant, *see* **dissoudre.**
dissoudre, to dissolve; **se —,** to dissolve, be dissolved.
distance, *f.*, distance; **à —,** to a distance.
distant, -e, distant, separated.
distillation, *f.*, distillation.
distinct, -e, distinct, different.
distinctement, distinctly.
distinction, *f.*, distinction.
distinguer, to distinguish, discriminate; **se —,** to be distinguished.
distribuer, to distribute; **se —,** to be distributed.
distribution, *f.*, distribution.
dit, dites, *see* **dire.**
diurne, daily, diurnal.
divers, -e, diverse, various, several.
diversifié, -e, diversified.
diversité, *f.*, diversity, variety.
diviser, to divide; **se —,** to divide, be divided.
division, *f.*, division.
dix, ten.
dix-huit, eighteen.
dix-huitième, eighteenth.
dix-millième, *m.*, ten-thousandth.
dix-neuf, nineteen.
dix-septième, seventeenth.
dizaine, *f.*, ten, half a score.
docile, docile, manageable.
docilement, readily.
docteur, *m.*, doctor.
document, *m.*, document.
doigt, *m.*, finger.
doit, *see* **devoir.**
doivent, *see* **devoir.**
domaine, *m.*, domain.
domestique, domestic.
domicile, *m.*, residence, dwelling.
domination, *f.*, domination, supremacy.
dominer, to overlook, command, predominate, prevail.
dommage, *m.*, damage, injury.
donc, then, therefore, so.
donnée, *f.*, datum, fact, admission.
donner, to give, grant:
dont, of which, whose, with which, in which.
dorure, *f.*, gilding.
dos, *m.*, back.
double, double.
douce, *see* **doux.**
douceur, *f.*, sweetness, pleasantness, softness.
douche, *f.*, douche, shower-bath.
douer, to endow, furnish.
douleur, *f.*, pain.
doute, *m.*, doubt.
douter, to doubt; **se — de,** to suspect.
douteu-x, -se, doubtful.
dou-x, -ce, soft, easy, easy running.
douze, twelve.
douzième, twelfth.
drain, *m.*, drain.
drainage, *m.*, drainage.
drainer, to drain.
drap, *m.*, cloth.
dresser, to raise, set up, arrange, draw up; **se —,** to stand erect, upright.
droit, -e, straight, right.
droit, *m.*, right; **à bon —,** with good reason, justly.
droite, *f.*, right, right hand.
du, of the, from the, some.
dû, due, *see* **devoir.**
dune, *f.*, down, dune, hill of sand.
duquel, of which.
dur, -e, hard, harsh.
durable, durable, lasting.
durant, during.
durcir, to harden.
durée, *f.*, duration, durability.
durer, to last, continue.
dureté, *f.*, hardness.
dus, *see* **devoir.**
duvet, *m.*, down.

E

eau, *f.*, water; **vapeur d'—**, aqueous vapor; **— pluviale**, rain-water; **cours d'—**, **source d'—**, stream, water course.
ébaucher, to sketch, outline.
éblouissant, –e, dazzling.
ébouler, to fall down, give way.
ébranlement, *m.*, shock, concussion, perturbation.
ébranler, to shake, disturb, unsettle, undermine, affect.
écaille, *f.*, scale.
écarté, –e, removed, distant.
écartement, *m.*, separation, distance, apart.
écarter, to turn aside, remove; **s'—**, to turn aside, depart, be moved away.
échange, *m.*, exchange, interchange.
échanger, to exchange.
échantillon, *m.*, sample, specimen.
échapper à, s'—, to escape.
échauffer, to warm, heat; **s'—**, to become hot, be heated.
échec, *m.*, check, repulse.
échelle, *f.*, scale.
éclairage, *m.*, lighting, light; **— au gaz**, gas-lighting; **gaz d'—**, illuminating gas.
éclairant, –e, light-giving, illuminating.
éclairé, –e, lighted, illuminated, enlightened.
éclairement, *m.*, illumination.
éclairer, to light, light up, illuminate.
éclat, *m.*, brilliancy, splendor.
éclatant, –e, brilliant, bright, shining.
éclipse, *f.*, eclipse.
éclipser, to eclipse, obscure; **s'—**, to be eclipsed.
écluse, *f.*, dam, lock, flood-gate.
école, *f.*, school.
économie, *f.*, economy.
écorce, *f.*, bark, shell, crust.
écorcher, to strip off the skin of.
Ecosse, *f.*, Scotland.
écoulement, *m.*, flow, drainage.
écouler (s'), to flow away, elapse, pass on.
écran, *m.*, screen, plate.
écraser, to crush.
écrire, to write.
écrit, *m.*, writing, work.
écriture, *f.*, writing.
écrivain, *m.*, writer.
écrou, *m.*, screw, nut.
édifier, to build, erect, build up.
Édimbourg, Edinburgh.
éducation, *f.*, education.
effacement, *m.*, effacement, dimness.
effacer, to efface, blot out.
effectuer, to effect, make, perform, accomplish; **s'—**, to be effected, accomplished.
effet, *m.*, effect, purpose; **en —**, in fact, indeed.
efficace, efficacious, effective.
effilé, –e, slender, tapering.
effondrer, to break in, break down.
effort, *m.* strain, effort, stress.
effrayant, –e, frightful, terrible.
effrayer, to frighten, terrify.
effroyable, frightful, fearful.
égal, –e, equal, uniform.
également, equally, likewise.
égard, *m.*, regard, respect; **eu — à**, considering.
égaré, –e, stray, strayed.
égoutter, to drip, drain.
Égypte, *f.*, Egypt.
eh bien, well, well then.
élaboré, –e, elaborate.
élan, *m.*, buoyancy, ardor, glow, enthusiasm.
élancé, –e, slender,
élancer (s'), to spring, throw one's self, shoot forth, dart.
élargir (s'), to widen, spread.
élasticité, *f.*, elasticity.

élastique, elastic.
électricité, *f.*, electricity.
électrique, electric, electrical.
électriser, to electrify, charge with electricity.
élégamment, elegantly.
élégance, *f.*, elegance.
élégant, -e, elegant.
élément, *m.*, element.
élévation, *f.*, elevation, rise.
élève, *m. and f.*, pupil.
élevé, -e, high, elevated.
élever, to elevate, raise, bring up; **s'—**, to rise, arise.
éliminer, to eliminate, remove.
elle, she, her, it; **—-même**, herself, itself.
elliptique, elliptical.
éloge, *m.*, praise.
éloigné, -e, distant, remote, far away.
éloignement, *m.*, distance, remoteness.
éloigner, to remove, divert, turn aside; **s'—**, to go away, get farther, be withdrawn.
émail, *m.*, enamel.
émaner, to emanate.
embarquer (s'), to embark.
embarrasser, to embarrass.
embellir, to embellish, adorn.
emboîter, to fit in.
embouchure, *f.*, mouthpiece.
embranchement, *m.*, branch, branch-line.
embrancher (s') sur, to branch off from.
embrasser, to embrace, surround, include, take in.
embryon, *m.*, embryo, germ.
émergé, -e, above water.
émerger, to emerge.
émersion, *f.*, emersion.
émerveillé, -e (de), astonished (at).
émettre, to emit, give out, put forth.
éminence, *f.*, eminence, height.
émise, *see* **émettre**.
émission, *f.*, emission.
emmagasiner (em *nasal*), to store, store up.
emmancher (em *nasal*), to put a handle to.
emmener (em *nasal*), to take away, convey.
émotion, *f.*, emotion.
emparer (s'), to take possession.
empêcher, to prevent, hinder.
empierrement, *m.*, ballasting, broken stone.
empiler, to pile, pile up.
empire, *m.*, empire, reign, rule.
emploi, *m.*, employment, use.
employer, to employ, use, spend.
emporté, -e, fiery, runaway.
emporter, to carry along, away.
empreinte, *f.*, stamp, imprint, impression.
emprisonner, to imprison.
emprunter (à), to borrow (from).
émulsionner, to make soft or liquid.
en, in, by, into, to, with, as, while, on, at, like.
en, of him, of her, of it, of them, from it.
enchaîner, to enchain, restrain.
enchant-eur, -eresse, enchanting.
enchâsser, to set, insert, encase.
enchevêtré, -e, entangled.
enchevêtrer (s'), to become entangled.
encore, yet, still, also, again, even.
encouragement, *m.*, encouragement.
endormir (s'), to fall asleep.
endroit, *m.*, place.
enduit, *m.*, coating, lining.
endurance, *f.*, endurance.
énergie, *f.*, energy.
énergique, energetic.
énergiquement, energetically.
enfance, *f.*, infancy.
enfant, *m. and f.*, child.
enfanter, to bring forth, produce.

enfermer, to shut up, enclose.
enfin, finally.
enflammer, to set on fire, ignite; **s'—**, to ignite, take fire.
enfoncer, to sink, plunge, drive down, thrust; **s'—**, to sink down, penetrate, plunge.
enfouir, to bury.
engager (s'), to be engaged in, commence.
engendrer, to engender, produce.
engloutir, to engulf, absorb.
engrais, *m.*, manure, fertilizer.
engrenage, *m.*, gear, gearing
énigmatique, enigmatic, puzzling.
enlever, to carry away, take away, remove; **— à**, to remove from.
ennemi, *m.*, enemy.
ennemi, –e, hostile, of the enemy.
ennui (en *nasal*), *m.*, annoyance, weariness.
énorme, enormous, huge.
énormité, *f.*, enormousness.
enseigner, to teach.
ensemble, together.
ensemble, *m.*, whole, entirety, ensemble, group, series.
ensoleillé, –e, sunny.
ensuite, afterwards, then.
entassement, *m.*, heap, pile, accumulation.
entasser, to pile, heap up.
entendre, to hear; **s'—**, to be heard.
enthousiaste, enthusiastic.
ent-ier, –ière, whole, entire; **tout —**, whole, entire, wholly.
entièrement, entirely.
entonnoir, *m.*, funnel.
entourer, to surround; **s'—**, to surround one's self.
entrailles, *f. plur.*, bowels, interior, heart, core, center.
entraîner, to drag, draw along, carry away, involve.
entraver, to impede, hinder.
entre, among, between, in.
entrelacé, –e, intertwined.
entremêlé, –e, intermingled.
entreprise, *f.*, enterprise, undertaking.
entrer, to enter.
entretenir, to keep up, sustain, carry on, keep in repair; **s'—**, to be kept up.
entretien, *m.*, keeping in repair.
entrevoir, to catch sight of, foresee.
énumérer, to enumerate.
envahir, to invade.
envahisseur, *m.*, invader.
enveloppe, *f.*, cover, covering, envelope, tunic.
envelopper, to envelop, enfold.
enverrait, *see* **envoyer**.
envers, toward, to.
envier, to envy.
environ, about.
environnant, –e, surrounding.
environs, *m. plur.*, environs, vicinity, neighborhood.
envisager, to look at, consider.
envoyer, to send, transmit.
épais, –se, thick.
épaisseur, *f.*, thickness.
épanouir, to expand; **s'—**, to bloom, open, expand, be spread out.
éphémère, ephemeral, short-lived.
épidémique, epidemic.
épiderme, *m.*, epidermis, cuticle.
épine, *f.*, thorn, thorn-tree.
épingle, *f.*, pin.
éponge, *f.*, sponge.
époque, *f.*, epoch, time, period.
épreuve, *f.*, trial, test, testing.
éprouver, to undergo, experience, feel.
épuiser, to exhaust.
épuration, *f.*, purification.
épurer, to purify, clarify.
équateur (qu = *kou*), *m.*, equator.
équatorial (qu = *kou*), **–e**, equatorial.
équilibre, *m.*, equilibrium.
équivalent, –e, equivalent.

équivalent, *m.*, equivalent.
équivaloir, to be equivalent.
ère, *f.*, era.
erratique, erratic.
errer, to wander.
erreur, *f.*, error, mistake.
erroné, -e, erroneous, mistaken.
érudit, *m.*, scholar, learned man.
érupti-f, -ve, eruptive.
éruption, *f.*, eruption.
escarpé, -e, steep.
esclavage, *m.*, slavery.
espace, *m.*, space.
espalier, *m.*, railing, trellis.
espèce, *f.*, kind, sort, species.
espérer, to hope, hope for.
esplanade, *f.*, esplanade, open level space, terrace.
esprit, *m.*, mind, spirit.
esquisse, *f.*, sketch.
essai, *m.*, trial, attempt.
essayer, to try.
essence, *f.*, essence, gasoline.
essentiel, -le, essential.
essentiellement, essentially, mainly.
essieu, *m.*, axletree, axle.
essor, *m.*, flight, scope, development.
est, *m.*, east.
est, east, eastern.
estimer, to estimate.
estompé, -e, blunted, dull, softened.
estuaire, *m.*, estuary.
et, and.
établir, to establish, fix, place, build, prove, settle; **s'—**, to be established.
étage, *m.*, step, degree, tier, floor, grade, range, row.
étain, *m.*, tin.
étaler, to expose, display, spread out; **s'—**, to spread, spread out, open.
état, *m.*, state, condition.
États-Unis, *m. plur.*, United States.
étau, *m.*, vise.
étayer, to prop, support, hold up, strengthen.
été, *m.*, summer; *see* **être**.
éteindre (s'), to go out, be extinguished.
éteint, -e, extinguished, extinct, out.
étendre, to extend, spread; **s'—**, to extend.
étendu, -e, extensive, broad.
étendue, *f.*, extent.
éternel, -le, eternal, everlasting.
étincelle, *f.*, spark.
étiolé, -e, etiolated, blanched, whitened.
étiolement, *m.*, etiolation, whitening.
étioler (s'), to become pale, be whitened, etiolate.
étoffe, *f.*, stuff, cloth, fabric.
étoile, *f.*, star; **— de mer**, starfish.
étonnant, -e, astonishing.
étonnement, *m.*, astonishment.
étonner, to astonish; **s'— (de)**, to be astonished (at).
étouffer, to choke.
étrange, strange, odd, queer.
étrang-er, -ère, strange, foreign.
être, to be.
être, *m.*, being.
étreinte, *f.*, clasp, pressure.
étrier, *m.*, stirrup.
étroit, -e, narrow, close, intimate, slender.
étroitement, tightly, closely.
étude, *f.*, study.
étudier, to study.
eu, eurent, *see* **avoir**.
Europe, *f.*, Europe.
européen, -ne, European.
Européen, *m.*, European.
eut, eût, *see* **avoir**.
eux, they, them; **—-mêmes**, themselves.
évacuer, to evacuate, remove.
évaluation, *f.*, estimate.

évaluer, to estimate.
évaporation, *f.*, evaporation.
éveiller (s'), to awaken, be aroused.
événement, *m.*, event.
évidemment, evidently.
évidence, *f.*, evidence; **mettre en —**, to make evident, obvious.
évident, -e, evident, obvious.
éviter, to avoid; **— à**, to spare.
évolution, *f.*, evolution.
exact, -e, exact, precise.
exactement, exactly, accurately.
exactitude, *f.*, accuracy, correctness.
exagérer, to exaggerate, increase.
examen, *m.*, examination.
examiner, to examine.
excellence, *f.*, excellence; **par —**, by way of preëminence.
excellent, -e, excellent.
exception, *f.*, exception.
exceptionnel, -le, exceptional.
excès, *m.*, excess.
excessi-f, -ve, excessive, extreme.
excessivement, exceedingly.
excitation, *f.*, stimulus, excitation, excitement.
exciter, to excite, arouse, stimulate.
exclure, to exclude.
exclusi-f, -ve, exclusive.
exclusion, *f.*, exclusion.
exclusivement, exclusively.
excursion, *f.*, excursion.
excursionner, to take an excursion.
exécuter, to execute, carry on, make, construct; **s'—**, to be accomplished, executed.
exécution, *f.*, execution.
exemple, *m.*, example; **par —**, for example; **à l'— de**, in imitation of.
exercer, to exercise, exert, practice; **s'—**, to be exercised, exerted.
exhaler, to exhale, send forth.
exhaussement, *m.*, rise, rising, elevation.
exhausser, to raise.
exigence, *f.*, exigence, demand, requirement.
exiger, to demand, require.
existence, *f.*, existence.
exister, to exist.
expérience, *f.*, experiment, experience.
expérimental, -e, experimental.
expérimentalement, experimentally.
expérimenté, -e, experienced.
explicable, explainable.
explication, *f.*, explanation.
expliquer, to explain; **s'—**, to be explained.
explorateur, *m.*, explorer.
explorer, to explore, examine.
explosion, *f.*, explosion.
exportation, *f.*, exportation.
exposé, *m.*, statement, account.
exposer, to expose, set forth, exhibit.
exposition, *f.*, exposition, world's fair.
express, express.
expressément, expressly.
expression, *f.*, expression.
exprimer, to express.
exquis, -e, exquisite, rare.
extérieur, -e, external, outward, exterior, outer.
extérieur, *m.*, exterior, outside.
extinction, *f.* extinction.
extraire, to extract.
extraordinaire, extraordinary.
extrême, extreme, excessive.
extrêmement, extremely.
extrémité, *f.*, extremity, end.
exubérant, -e, exuberant, copious.

F

fable, *f.*, fable.
fabricant, *m.*, manufacturer, maker.

fabrication, *f.*, manufacture, make.
fabriquer, to manufacture, make.
fabuleu-x, -se, fabulous.
face, *f.*, face, aspect.
facette, *f.*, facet, little face.
fâcheu-x, -se, unpleasant, disagreeable.
facile, easy.
facilement, easily.
facilité, *f.*, facility, ease.
faciliter, to facilitate.
façon, *f.*, fashion, manner, way; **de — que,** so that.
façonner, to fashion, shape, make.
faculté, *f.*, faculty, power, virtue, property.
fagot, *m.*, fagot, bundle of sticks.
faible, feeble, weak, slight.
faiblement, faintly, feebly.
faire, to do, make, cause, travel, go; **faire —,** to have made, cause to be made; **se —,** to be made, take place, make one's self, be done; **se — à,** to become accustomed to; **— voir,** to show.
faisaient, faisant, *see* **faire.**
faisceau, *m.*, bundle, group, pencil.
fait, *m.*, fact, event; *see* **faire; tout à —,** entirely.
faîte, *m.*, top, summit.
falaise, *f.*, cliff.
falloir, to be necessary, needful, must, need.
falsification, *f.*, counterfeiting, adulteration.
famille, *f.*, family.
fangeu-x, -se, muddy, miry, dirty.
fantaisie, *f.*, fancy, whim.
fantastique, fantastic, chimerical, fanciful.
fardeau, *m.*, burden, load.
farine, *f.*, flour.
fasse, *see* **faire.**
fatigue, *f.*, fatigue, weariness.
fatiguer, to fatigue, tire; **se —,** to tire, become fatigued.
faubourg, *m.*, suburb.
faudra, faudrait, *see* **falloir.**
fausseté, *f.*, falsity, untruth.
faut, *see* **falloir.**
faux, fausse, false.
faveur, *f.*, favor.
favoriser, to favor.
fécond, -e, fruitful, prolific.
fécondant, -e, fertilizing.
féconder, to render prolific, make fruitful.
fécondité, *f.*, fruitfulness, prolificness.
fécule, *f.*, fecula, green matter of plants.
fêlure, *f.*, crack, fracture.
femme, *f.*, woman.
fendiller, to crack.
fendre (se), to crack.
fenêtre, *f.*, window.
fente, *f.*, slit, crack.
fer, *m.*, iron; **chemin de —,** railroad, railway.
fera, ferait, *see* **faire.**
fermé, -e, closed.
fermentation, *f.*, fermentation.
fermer, se —, to close, shut, close up, shut up.
féroce, ferocious, fierce, wild.
ferons, *see* **faire.**
ferré, -e, nailed, spiked, iron-pointed.
fertile, fertile, fruitful.
festin, *m.*, feast, banquet.
fétide, fetid, offensive.
fétu, *m.*, straw, stalk.
feu, *m.*, fire.
feuillage, *m.*, foliage.
feuille, *f.*, leaf, sheet.
feuilleté, -e, foliated, laminated.
feutrage, *m.*, matting.
fibre, *f.*, fiber, string.
fibreu-x, -se, fibrous.
ficelle, *f.*, string.
ficher, to drive in.
ficti-f, -ve, fictitious, imaginary.
fidèle, faithful.
fièvre, *f.*, fever.

figure, *f.*, face, figure.
figurer, to figure, represent; **se —,** to picture to one's self, imagine.
fil, *m.*, thread, string, wire; **— à plomb,** plumb-line.
filament, *m.*, filament.
filer, to spin, slip, pay out.
filet, *m.*, thread, net, fillet, band of fibers.
fils, *m.*, son.
fin, *f.*, end.
fin, -e, fine, slender.
finalement, finally.
finesse, *f.*, fineness, slenderness.
fini, *m.*, finish.
finir, to finish, end.
fiole, *f.*, vial.
fiord, *m.*, fiord, inlet.
firent, *see* **faire.**
fissure, *f.*, fissure, rent, crack.
fit, *see* **faire.**
fixe, fixed, firm, stationary.
fixe, *m.*, settled weather, set fair.
fixer, to fix, fasten, make solid, look steadfastly at; **se —,** to be fastened, adhere.
flacon, *m.*, bottle, vessel.
flagrant, -e, flagrant, decided.
flambeau, *m.*, torch, luminary, light
flamme, *f.*, flame.
flanc, *m.*, side.
fléau, *m.*, scourge.
flèche, *f.*, arrow, spire, lance-head.
flétrir (se), to fade, wither.
fleur, *f.*, flower, blossom.
fleuri, -e, flowery, blossoming.
fleurir, to bloom, blossom, flourish, thrive.
fleuve, *m.*, river, stream.
flexibilité, *f.*, flexibility.
flexible, flexible, pliant.
flint-glass, *m.*, flint-glass.
floraison, *f.*, flowering, blossoming, bloom.
flore, *f.*, flora.
flot, *m.*, wave.
flottant, -e, floating.
flotter, to float.
flouve, *f.*, vernal grass.
fluctuation, *f.*, fluctuation.
fluide, fluid.
fluide, *m.*, fluid.
focal, -e, focal.
fois, *f.*, time; **tout à la —, à la —,** at once, at the same time; **une —,** once.
foliole, *f.*, foliole, leaflet.
foncé, -e, dark, deep.
fonction, *f.*, work, function, working, running; **faire — de,** to act as, serve as.
fonctionnement, *m.*, action, working, running.
fonctionner, to work, operate.
fond, *m.*, bottom, head, background, depth, back.
fondamental, -e, fundamental.
fonder, to found, base.
fondre, to melt.
fonds, *m.*, fund, stock, mainstay.
font, *see* **faire.**
fontaine, *f.*, fountain.
fonte, *f.*, melting, cast-iron, casting, raw iron.
force, *f.*, force, strength, power.
forcé, -e, compulsory, forced.
forcer, to force, compel.
forêt, *f.*, forest.
forgeage, *m.*, forging.
forger, to forge.
formation, *f.*, formation.
forme, *f.*, form, shape.
former, to form, make; **se —,** to form, be formed.
formidable, formidable, terrible, tremendous.
formuler, to formulate.
fort, -e, strong, high, violent, heavy, hard, loud.
fort, very, extremely.
fort, *m.*, strong person.
fortement, strongly, extremely, much, very much, tightly.
fortune, *f.*, fortune.

fossé, *m.*, ditch, moat.
fossile, fossil.
fossile, *m.*, fossil.
fou, **fol**, **folle**, mad, insane, crazy.
foudre, *f.*, lightning, thunderbolt; **chute de —**, thunderbolt.
fougère, *f.*, fern.
fouille, *f.*, excavation.
fouiller, to excavate, dig, search.
foule, *f.*, crowd, multitude.
fourche, *f.*, fork, frame.
fourmi, *f.*, ant.
fourmiller (**de**, with), to swarm, abound.
fournaise, *f.*, furnace.
fourneau, *m.*, stove, furnace.
fournir, to furnish, supply.
foyer, *m.*, focus, center, hearth, furnace, fire-box.
fraction, *f.*, fraction, portion, part.
fragment, *m.*, fragment.
frais, **fraîche**, fresh.
frais, *m. plur.*, cost, expenses.
français, **–e**, French.
France, *f.*, France.
franchir, to cross, pass over, clear.
frappant, **–e**, striking, impressive.
frapper, to strike, hit, impress, rap.
frein, *m.*, brake.
frêle, frail, weak, feeble.
fréquemment, frequently.
fréquence, *f.*, frequency.
fréquent, **–e**, frequent.
fréquenter, to frequent.
frère, *m.*, brother.
froid, **–e**, cold, lifeless.
froid, *m.*, cold, frigidity.
froisser, to bruise, trample.
froment, *m.*, wheat.
fronde, *f.*, sling.
front, *m.*, forehead, front; **de —**, abreast, at the same time, simultaneously.
frottement, *m.*, rubbing, friction; **à —**, barely, but just.
frotter, to rub.
fruit, *m.*, fruit.
fugiti-f, **–ve**, fleeting, transient.
fuir (se), to avoid each other.
fuite, *f.*, leak.
fumée, *f.*, smoke.
fumier, *m.*, manure, fertilizer.
furent, *see* **être**.
furieu-x, **–se**, furious, violent.
fusion, *f.*, fusion, melting; **en —**, melted, molten.
fusionnement, *m.*, fusion, blending.
fusionner, to blend, unite.
fut, **fût**, *see* **être**.
futur, **–e**, future.

G

gagner, to gain, reach, arrive at, extend.
gaine, *f.*, sheath, case, scabbard.
galerie, *f.*, gallery.
galet, *m.*, pebble-stone.
galvanique, galvanic.
garantir (se), to protect one's self.
garder, to guard, keep; **se — de**, to take care not to.
garnir, to furnish, provide.
gastronomique, gastronomic.
gauche, left.
gauche, *f.*, left, left hand; **à —**, to the left.
Gaule, *f.*, Gaul.
Gaulois, *m.*, Gaul.
gaz (**z** *sounded*), *m.*, gas.
gazeu-x, **–se**, gaseous.
gazomètre, *m.*, gasometer, gasholder.
gazon, *m.*, turf, sod, grass.
géant, *m.*, giant.
géant, **–e**, gigantic, giant.
gélatineu-x, **–se**, gelatinous, jelly-like.
gelée, *f.*, frost.
gêner, to impede, hinder.
général, **–e**, general.

général, *m.*, general case; **en —**, in general.
généralement, generally.
généraliser (se), to become general.
généralité, *f.*, general rule, generality.
générateur, *m.*, generator, boiler.
génération, *f.*, generation, production.
généreu-x, -se, generous.
génie, *m.*, genius.
genre, *m.*, kind, sort.
géographique, geographical.
géologie, *f.*, geology.
géologique, geological.
géologue, *m.*, geologist.
géométrique, geometrical.
germe, *m.*, germ.
geste, *m.*, gesture.
gigantesque, gigantic.
gisement, *m.*, bed, layer, vein, stratum.
gîte, *m.*, deposit, bed.
glace, *f.*, ice.
glacé, -e, frozen, icy.
glacer, to freeze.
glacier, *m.*, glacier.
glaïeul, *m.*, corn-flag; **— des marais**, water-flag.
glisser, se —, to slip, creep, slide, run.
globe, *m.*, globe, earth, sphere, orb.
globule, *m.*, globule, corpuscle.
gloire, *f.*, glory.
gomme, *f.*, gum.
gonfler, to swell; **se —**, to be swollen.
goudron, *m.*, tar.
goulot, *m.*, neck (of bottles).
goût, *m.*, taste.
goûter, to taste, enjoy.
goutte, *f.*, drop.
gouvernail, *m.*, helm, rudder.
gouvernement, *m.*, government.
gouverner, to steer.
grâce, *f.*, grace, favor, thanks.
gracieu-x, -se, graceful.
graduellement, gradually.
grain, *m.*, grain.
graissage, *m.*, oiling, lubricating.
graisse, *f.*, fat, grease.
graisseur, *m.*, oil-box, oil-hole.
grand, -e, grand, great, large, open.
Grande-Bretagne, *f.*, Great Britain.
grandeur, *f.*, greatness, magnitude, grandeur, size.
grandiose, grand.
grandir, to grow.
granit, *m.*, granite.
granulation, *f.*, granulation.
gras, -se, fat, oily, thick, slippery.
grave, grave, serious.
graver, to engrave, carve, imprint.
gravier, *m.*, gravel.
gravité, *f.*, gravity.
gravure, *f.*, engraving.
gré, *m.*, will, liking.
Grec, *m.*, Greek.
Grèce, *f.*, Greece.
grenouille, *f.*, frog.
grès, *m.*, sandstone.
grièvement, seriously, severely.
grille, *f.*, grating, railing.
grimper, to climb.
gris, -e, gray.
gris, *m.*, gray.
gronder, to roar, rumble.
gros, -se, big, large, bulky.
gross-ier, -ière, coarse, rough, rude.
grossir, to magnify, enlarge, increase.
grossissant, -e, magnifying.
grossissement, *m.*, magnifying, enlargement.
grotte, *f.*, grotto.
groupe, *m.*, group.
grouper, to group.
guère: ne . . . —, hardly, scarcely, little.
guérir, to recover, be cured.

guerre, *f.*, war.
guerr-ier, –ière, warlike.
guide, *m.*, guide.

H

(ʻ) denotes *h* aspirate.

habile, clever, skillful.
habitant, *m.*, **–e,** *f.*, inhabitant, resident.
habitation, *f.*, abode, dwelling.
habiter, to inhabit, dwell, reside.
habitude, *f.*, habit.
habitué, –e, accustomed, used.
habituel, –le, habitual, usual.
habituellement, usually.
ʻhache, *f.*, axe.
ʻhâlé, –e, tanned, sunburnt.
ʻhanneton, *m.*, May-bug, June-bug.
ʻhardi, –e, bold, daring, hardy.
ʻhardiesse, *f.*, boldness, daringness, hardiness.
harmonica, *m.*, harmonica.
harmonie, *f.*, harmony.
harmonieu-x, –se, harmonious.
ʻhasard, *m.*, hazard, chance.
ʻhaut, –e, high, upper, lofty, great.
ʻhaut, *m.*, upper part, top, summit; **en —,** above, up.
ʻhauteur, *f.*, height, elevation, altitude, eminence.
hélice, *f.*, screw; **bateau à —,** screw steamer.
Helvétie, *f.*, Helvetia (Latin name of Switzerland).
hémisphère, *m.*, hemisphere.
herbage, *m.*, herbage, grass.
herbe, *f.*, herb, grass.
herbivore, herbivorous.
ʻhérissé, –e, bristling.
ʻhéros, *m.*, hero.
hésiter, to hesitate.
ʻhêtre, *m.*, beech-tree.
heure, *f.*, hour, time, o'clock; **tout à l'—,** just now, just before; **de bonne —,** early.
heureusement, happily, fortunately, luckily.
heureu-x, –se, happy, felicitous, fortunate.
ʻheurter, to strike, run against; **se —,** to come into collision, strike.
hexagonal, –e, hexagonal, six-sided.
hexagone, *m.*, hexagon, figure of six sides and angles.
histoire, *f.*, history.
historien, *m.*, historian.
historique, historical.
historique, *m.*, history (facts).
hiver, *m.*, winter.
ʻhollandais, –e, Dutch.
ʻhomard, *m.*, lobster.
homme, *m.*, man.
homogène, homogeneous.
homogénéité, *f.*, homogeneity, uniformity.
honneur, *m.*, honor.
horizon, *m.*, horizon.
horizontal, –e, horizontal.
horizontalement, horizontally.
horizontalité, *f.*, horizontal position.
horloge, *f.*, clock, timepiece.
horlogerie, *f.*, clock and watch-making.
ʻhors, out.
ʻhouille, *f.*, coal.
ʻhouill-er, –ère, containing coal, coal-producing.
huile, *f.*, oil.
ʻhuit, eight.
ʻhuitième, eighth.
huître, *f.*, oyster.
humain, –e, human.
humanité, *f.*, humanity, mankind.
humble, humble, meek.
humblement, humbly, meekly.
humecter, to moisten.
humérus, *m.*, humerus (bone of the arm).
humeur, *f.*, humor.
humide, damp, wet, moist.

humidité, *f.*, humidity, moisture.
hydraulique, hydraulic, hydrostatic.
hydrogène, *m.*, hydrogen.
hydrogéné, –e, hydrogenated, rich in hydrogen.
hyène, *f.*, hyena.
hygiène, *f.*, hygiene,
hypermétrope, hypermetropic, far-sighted.
hypermétropie, *f.*, hypermetropy, far-sightedness.
hypothèse, *f.*, hypothesis, supposition.

I

ici, here.
idéal, –e, ideal.
idée, *f.*, idea.
identique, identical.
identité, *f.*, identity.
idolâtre, idolatrous.
idolâtre, *m.*, *f.*, idolater.
idole, *f.*, idol.
ignition, *f.*, ignition; **en** —, ignited.
ignorant, –e, ignorant.
ignoré, –e, unknown.
ignorer, to be ignorant of, not to know.
il, he, it, there; — **y a**, there is, there are, ago.
île, *f.*, island.
illimité, –e, unlimited.
illumination, *f.*, illumination.
illuminer, to illuminate.
illusion, *f.*, illusion.
illustre, illustrious.
image, *f.*, image, picture.
imaginable, imaginable.
imaginaire, imaginary.
imagination, *f.*, imagination.
imaginer, to imagine, conceive, contrive; **s'**—, to imagine.
imbiber, to soak, penetrate, saturate.
imiter, to imitate.
immédiat, –e, immediate.
immédiatement, immediately.
immémorial, –e, immemorial.
immense, immense, vast.
immensité, *f.*, immensity, infinity, vastness.
immersion, *f.*, immersion.
immobile, motionless, immovable.
immobiliser, to render immovable, fix.
immondice, *f.*, impurity.
immuable, unchangeable.
imparfait, –e, imperfect, inexact.
imperceptible, imperceptible.
imperméable, impervious.
impétueu-x, –se, impetuous, wild.
implanter (s'), to be lodged, fixed.
impliquer, to imply.
importance, *f.*, importance.
important, –e, important.
importer, to be of importance.
imposant, –e, imposing, commanding.
imposer, to impose.
impossibilité, *f.*, impossibility.
impossible, impossible.
imprégner, to impregnate, saturate.
impression, *f.*, impression.
impressionner, to impress, affect.
imprévu, –e, unforeseen.
imprimer, to print, impress, communicate.
impropre, improper, unfit.
impulsion, *f.*, impulse, impetus.
impur, –e, impure.
inacceptable, unacceptable.
inaccessible, inaccessible.
inacti-f, –ve, inactive.
inadmissible, inadmissible.
inanimé, –e, inanimate, lifeless.
inanition, *f.*, inanition, exhaustion.
inaperçu, –e, unperceived, unobserved.
inattendu, –e, unexpected.
incalculable, incalculable.

incandescent, -e, incandescent.
incapable, incapable, unable.
incendiaire, incendiary.
incendie, *m.*, fire, conflagration.
incertitude, *f.*, uncertainty.
incessamment, continually.
incessant, -e, incessant, unceasing.
inclinaison, *f.*, inclination, dip.
incliner (s'), to incline, bend, dip.
incolore, colorless.
incommode, inconvenient.
incomparablement, incomparably.
incompatible, incompatible, inconsistent.
incompl-et, -ète, incomplete, imperfect.
incompréhensible, incomprehensible.
inconcevable, inconceivable.
inconnu, -e, unknown.
incontestable, unquestionable.
incontestablement, unquestionably.
inconvénient, *m.*, disadvantage.
incroyable, incredible.
incrustation, *f.*, incrustation, crust, coating, scale.
Inde, *f.*, India; **les —s,** the Indies.
indécis, -e, indistinct, undetermined, indefinite.
indélébile, indelible.
indéniable, undeniable.
indépendamment, independently.
indépendant, -e, independent.
indication, *f.*, indication, mark.
indice, *m.*, indication, sign.
indien, -ne, Indian.
Indien, *m.*, Indian.
indifféremment, indifferently.
indifférent, -e, indifferent.
indigène, indigenous, native.
indigo, *m.*, indigo.
indiquer, to indicate.
indiscutable, indisputable.
indispensable, indispensable.
indissolublement, indissolubly.
indistinctement, without distinction.
individu, *m.*, individual.
individualité, *f.*, individuality.
individuellement, individually.
indivisible, indivisible.
indolence, *f.*, indolence, idleness.
indolent, -e, indolent, sluggish.
industrie, *f.*, trade, business, industry.
industriel, -le, industrial, manufacturing.
inégal, -e, unequal.
inégalité, *f.*, inequality.
inépuisable, inexhaustible.
inerte, inert.
inévitable, inevitable.
inévitablement, inevitably.
inexplicable, unexplainable.
inexpliqué, -e, unexplained.
inexploré, -e, unexplored.
inextricable, inextricable.
infatigable, indefatigable, unwearied, untiring.
infect, -e, unwholesome.
inférieur, -e, inferior, lower
infiltrer (s'), to infiltrate.
infini, -e, infinite.
infini, *m.*, infinite quantity; **à l'—,** to infinity, indefinitely.
infiniment, infinitely.
infinité, *f.*, very large number.
infirmité, *f.*, infirmity.
inflammable, inflammable.
infléchir (s'), to bend, turn, deflect.
infliger, to inflict.
influence, *f.*, influence.
influer, to influence, have an influence.
infortuné, *m.*, unfortunate, unhappy person.
infructueu-x, -se, fruitless, unavailing.
ingénier (s'), to do one's best, strive.
ingénieur, *m.*, engineer.

ingénieu-x, -se, ingenious.
inhospital-ier, -ière, inhospitable.
inimaginable, unimaginable.
initial, -e, initial.
initier, to initiate.
inondation, *f.*, inundation, flood.
inonder, to inundate, flood.
inquiéter (s') de, to concern one's self with, care about.
inquiétude, *f.*, uneasiness.
inscrire, to inscribe, set down, record; **s'—,** to be recorded.
insecte, *m.*, insect.
insensibilité, *f.*, insensibility.
insensible, imperceptible, insensible.
insignifiant, -e, insignificant.
insistance, *f.*, insistence, urging.
insister, to insist.
insolation, *f.*, insolation, exposure to the sun.
inspection, *f.*, inspection, examination.
inspiration, *f.*, inspiration.
installer, to set up.
instant, *m.*, instant, moment.
instantanéité, *f.*, instantaneousness.
instantanément, instantaneously.
instinct, *m.*, instinct.
instinti-f, -ve, instinctive.
instinctivement, instinctively.
instrument, *m.*, tool, implement, instrument.
insuffisant, -e, insufficient, inadequate.
insurmontable, insurmountable.
intellectuel, -le, intellectual.
intelligence, *f.*, intellect, understanding, intelligence.
intempérance, *f.*, intemperance.
intendant, *m.*, steward, director.
intense, intense.
intensité, *f.*, intensity.
intercepter, to shut off, cut off, intercept.
intéressant, -e, interesting.
intéresser, to interest.
intérêt, *m.*, interest.
intérieur, -e, interior, internal, inner.
intérieur, *m.*, interior.
intérieurement, internally, on the inside.
intermédiaire, intermediate, intervening.
intermédiaire, *m.*, intermediary. interposition, medium.
interminable, endless.
intermittent, -e, intermittent.
interposer, to interpose.
interprétation, *f.*, interpretation.
interrompre, to interrupt.
interstice, *m.*, interstice, empty space.
intervalle, *m.*, interval.
intervenir, to intervene, interpose.
intime, intimate.
intimement, intimately.
intituler, to entitle.
intolérable, intolerable, unbearable.
introduction, *f.*, introduction.
introduire, to introduce; **s'—,** to find one's way in, introduce one's self.
intuition, *f.*, intuition.
inutile, useless.
inutilité, *f.*, useless thing.
invariable, invariable, unchangeable.
invariablement, invariably.
inventer, to invent.
inventeur, *m.*, inventor.
invention, *f.*, invention.
inverse, inverse, inverted, contrary.
investigateur, *m.*, investigator.
invincible, invincible.
invisible, invisible.
invoquer, to invoke, call upon.
ira, see **aller.**
iris, *m.*, iris.
irisé, -e, iridescent, having colors like the rainbow,

irrécusable, unchallengeable, indisputable.
irrégularité, *f.*, irregularity.
irrégul-ier, -ière, irregular.
irrésistible, irresistible.
irritabilité, *f.*, irritability.
isolé, -e, isolated, alone, insulated.
isoler, to isolate, separate, detach.
issue, *f.*, issue, outlet, passage.
Italie, *f.*, Italy.
Italien, *m.*, Italian.
ivoire, *m.*, ivory.

J

jadis, of old, formerly.
jaillir, to burst forth.
jamais, ever; **ne . . . —,** never.
jante, *f.*, felly.
jardin, *m.*, garden.
jardinier, *m.*, gardener.
jarre, *f.*, jar.
jaunâtre, yellowish.
jaune, yellow.
jaune, *m.*, yellow.
jet, *m.*, jet, stream.
jeter, to throw, cast; **se —,** to empty, flow.
jeu, *m.*, play, working; **en —,** at work, into play.
jeune, young.
joie, *f.*, joy.
joindre, to join, add; **se — à,** to join with.
joint, *m.*, joint.
jonc, *m.*, rush.
joue, *f.*, cheek.
jouer, to play; **se — de,** to laugh at, make sport of.
jouet, *m.*, plaything, toy.
jouir (de), to enjoy, possess.
jour, *m.*, day, daylight; **de —,** by day; **de nos —s,** in our time, at the present day; **de — en —,** from day to day; **un —,** some day; **mettre au —,** to bring to light; **tous les —s,** every day.
journal, *m.*, newspaper, paper.
journée, *f.*, day.
journellement, daily.
joyeu-x, -se, joyous, joyful.
jusque, jusqu'à, as many as, as much as, even, as far as, up to; **jusqu'à ce que,** until; **jusqu'ici,** thus far.
juste, just, accurate, correct, exactly, precisely.
justement, justly.
justiciable de, responsible for.
justifier, to justify.
juxtaposer, to juxtapose, place side by side.

K

kilogramme, *m.*, kilogram (2.2046 pounds).
kilomètre, *m.*, kilometer (.62137 of a mile).

L

la, the, her, it.
là, there; **par —,** in that way; **de —,** from that; **c'est —,** that is; **ce sont —,** those are.
labeur, *m.*, labor, toil.
laboratoire, *m.*, laboratory.
laborieu-x, -se, industrious.
labourage, *m.*, ploughing, tillage.
labourer, to plough, till.
lac, *m.*, lake.
lâcher, to loosen, let go.
lacustre, lacustrine, lake-dwelling.
lacustre, *m.*, lake-dweller, lacustrian.
laîche, *f.*, sedge.
laine, *f.*, wool, woolen cloth.
laisser, to leave, let, allow, cease; **se —,** to allow one's self.
lait, *m.*, milk.
laiton, *m.*, brass.

lame, *f.*, blade, sheet, jet, plate, diaphragm (of telephone).
lampe, *f.*, lamp.
lancer, to hurl, throw.
langage, *m.*, language.
langouste, *f.*, spiny lobster.
langueur, *f.*, languor, languidness.
languissamment, languidly.
languissant, -e, languishing.
lanterne, *f.*, lantern.
Lapon, *m.*, Laplander.
laps, *m.*, lapse.
laquelle, which.
large, broad, wide, large.
large, *m.*, breadth, width.
largement, broadly.
largeur, *f.*, breadth, width.
larynx, *m.*, larynx.
latent, -e, latent, hidden.
latéral, -e, lateral, side.
latitude, *f.*, latitude.
lave, *f.*, lava.
le, the, him, it, so.
lecteur, *m.*, reader.
lecture, *f.*, reading.
légendaire, legendary.
légende, *f.*, legend.
lég-er, -ère, light, slight, slender.
légèrement, lightly, slightly.
légèreté, *f.*, lightness.
légumineuse, *f.*, leguminous plant.
lendemain, *m.*, next day, day after, day following.
lent, -e, slow.
lentement, slowly.
lenteur, *f.*, slowness.
lentille, *f.*, lens.
lequel, -s, -les, which, who.
les, the, them.
lettre, *f.*, letter.
leur, their, them, to them; **le, la —**, theirs.
levant, *m.*, east, levant.
levé, -e, up, arisen.
levée, *f.*, embankment, levee.
lever, *m.*, rising.
lever (se), to rise.
lèvre, *f.*, lip.
liaison, *f.*, joining, connection.
liane, *f.*, tropical creeper.
libéralement, liberally.
liberté, *f.*, liberty, freedom.
libre, free.
librement, freely.
liège, *m.*, cork.
lien, *m.*, bond, tie.
lier, to bind, fasten, connect.
lieu, *m.*, place, spot, cause, reason; **avoir —**, to take place; **au — de**, instead of; **donner —**, to give rise, give reason.
lieue, *f.*, league (2.42 miles).
ligature, *f.*, ligature, band.
ligne, *f.*, line.
ligneu-x, -se, ligneous, of wood.
lilas, *m.*, lilac, lilac color.
limaille, *f.*, filings.
limite, *f.*, limit, boundary.
limiter, to limit.
limon, *m.*, slime, mud.
limpide, limpid, clear.
linéaire, linear.
lion, *m.*, lion.
liquéfier (se), to liquefy, be liquefied.
liquide, liquid.
liquide, *m.*, liquid.
lire, to read.
lis (s *sounded*), *m.*, lily.
lisait, *see* **lire**.
liseron, *m.*, bindweed.
liste, *f.*, list.
lit, *m.*, bed; **— de repos**, couch.
litharge, *f.*, litharge, oxide of lead.
litre, *m.*, liter (1.056 United States quarts).
littéraire, literary.
littoral, -e, of the coast.
livre, *m.*, book.
livrée, *f.*, livery, appearance.
livrer, to deliver, give over, give; **se —** to devote one's self.
localiser (se), to become localized.
localité, *f.*, locality, place.
locomotive, *f.*, locomotive.
logement, *m.*, lodging.

loger, to lodge.
logique, logical.
loi, *f.*, law.
loin, far, afar; **au —**, away, to a distance.
lointain, -e, distant, far off.
lombaire, lumbar, of the loins.
Londres, London.
long, -ue, long.
long, *m.*, length; **le — de**, along, down.
longévité, *f.*, longevity.
longtemps, long, a long time.
longuement, at length.
longuerine, *f.*, girder.
longueur, *f.*, length.
lors, then; **— de**, at the time of; **dès —**, thenceforth.
lorsque, when.
louable, praiseworthy, laudable.
loup, *m.*, wolf.
loupe, *f.*, magnifying-glass.
lourd, -e, heavy.
lourdement, heavily.
loutre, *f.*, otter.
lueur, *f.*, light, glimmer.
lui, he, him, to him, to her, to it, it; **—-même**, himself, itself.
lumière, *f.*, light.
lumineu-x, -se, luminous, bright, reflecting light.
lunaire, lunar, of the moon.
lunaison, *f.*, lunation.
lune, *f.*, moon.
lunette, *f.*, spy-glass, telescope; *plur.*, spectacles.
lutte, *f.*, struggle.
lutter, to struggle, strive.
luxe, *m.*, luxury.
luxuriant, -e, luxuriant.
lynx, *m.*, lynx.

M

M., *abbrev. for* **monsieur**, Mr.
MM., *abbrev. for* **messieurs**, Messrs.
machinalement, mechanically.
machine, *f.*, machine, engine; **— à vapeur**, steam-engine.
mâchoire, *f.*, jaw, jaw-bone.
maçonnerie, *f.*, masonry, stone-work.
madrier, *m.*, joist.
magique, magic.
magistral, -e, authoritative, masterly.
magnésie, *f.*, magnesia.
magnésium, *m.*, magnesium.
magnétique, magnetic.
magnétisme, *m.*, magnetism.
magnifique, magnificent, grand.
main, *f.*, hand.
maintenant, now.
maintenir, to maintain, keep.
mais, but.
maison, *f.*, house, firm.
maître, *m.*, master, head, chief, proprietor.
majesté, *f.*, majesty.
majestueu-x, -se, majestic.
mal, badly, poorly.
maladie, *f.*, disease, malady.
maladi-f, -ve, sickly.
malgré, in spite of, notwithstanding.
malheureux, *m.*, destitute person, unfortunate.
mamelon, *m.*, mamelon, nipple, protuberance.
mammifère, *m.*, mammal.
manche, *m.*, handle.
manchon, *m.*, muff, cylinder, coupling-head.
manette, *f.*, handle.
manger, to eat.
manière, *f.*, manner, way; **de — à**, in such a way as; **de — que**, so that.
manifestation, *f.*, manifestation.
manifeste, manifest.
manifester, to manifest; **se —**, to manifest one's self, be made manifest.
manivelle, *f.*, crank, winch.
manque, *m.*, want, lack.

manquer, to fail, be wanting, be lacking.
manteau, *m.*, mantle, cloak.
manufacture, *f.*, manufactory.
marais, *m.*, marsh, swamp.
marche, *f.*, progress, motion, speed, course, travel.
marché, *m.*, market, bargain; **à bon** —, cheap, cheaply.
marcher, to walk, go, march, move, advance.
mare, *f.*, pond, pool.
marécage, *m.*, marsh, moor, swamp.
marin, –e, marine, sea.
marin, *m.*, mariner, sailor.
maritime, maritime.
marmite, *f.*, pot, kettle.
marquer, to mark.
marquis, *m.*, marquis.
marteau, *m.*, hammer.
masquer, to mask, conceal, hide.
masse, *f.*, mass, volume, quantity.
massi-f, –ve, massive, solid.
massif, *m.*, solid mass, pier, wall, tower.
matériaux, *m. plur.*, materials.
matériel, –le, material.
mathématique, mathematical.
matière, *f.*, matter, material.
matin, *m.*, morning.
maturité, *f.*, maturity, ripeness.
mauvais, –e, bad, injurious.
maximum, *m.*, maximum.
mécanique, mechanical.
mécanique, *f.*, mechanics.
mécanisme, *m.*, mechanism.
méconnaître, to misunderstand, undervalue.
médaille, *f.*, medal.
médecin, *m.*, physician, doctor.
médiocre, ordinary, moderate.
méditation, *f.*, meditation.
meilleur, –e, better, best.
mélange, *m.*, mixture, mingling.
mélanger, to mix, mingle.
mêler, to mix, mingle.
mélilot, *m.*, sweet clover.
membrane, *f.*, membrane, film.
même, same, self, very, also, even; **de** —, so, likewise, the same, in the same way; **un** —, one and the same.
mémorable, memorable.
menacer, to threaten.
ménage, *m.*, house, household.
ménager, to manage carefully, be careful of, spare, dispose.
mener, to lead, conduct, carry on.
mensuel, –le, monthly.
mentionner, to mention.
menu, –e, small, thin, minute.
menu, *m.*, bill of fare, menu.
mer, *f.*, sea.
mercure, *m.*, mercury.
mercuriel, –le, of mercury.
méridien, *m.*, meridian.
méridienne, *f.*, meridian line.
méridional, –e, southern.
mérite, *m.*, merit.
mériter, to deserve, merit.
merveille, *f.*, wonder, marvel.
merveilleu-x, –se, marvelous, wonderful.
merveilleux, *m.*, marvelousness.
mesure, *f.*, measure; **à — que,** in proportion as; **à** —, in proportion, accordingly.
mesurer, to measure.
métal, *m.*, metal.
métallique, metallic.
metalliquement, by means of metal.
métamorphose, *f.*, metamorphosis, transformation.
météore, *m.*, meteor.
météorologique, meteorological.
méthode, *f.*, method.
méticuleu-x, –se, scrupulous.
métier, *m.*, trade, handicraft.
mètre, *m.*, meter (39.37 inches).
métrique, metrical.
mettre, to put, place, set, take, employ; **se — à,** to begin, set about, occupy one's self with; **se** —, to put one's self.

meuble, *m.*, piece of furniture.
meule, *f.*, millstone, grindstone; — **à aiguiser,** grindstone.
meurent, *see* **mourir.**
meurtrier, *m.*, murderer.
meuve, *see* **mouvoir.**
micrographe, *m.*, microscopist.
microscope, *m.*, microscope.
microscopique, microscopical.
midi, *m.*, midday, noon, south.
mieux, better; **le, la** —, the best,
milieu, *m.*, middle, midst, medium. region, environment, middle portion.
mille, thousand.
milliard, *m.*, thousand millions, billion.
millième, *m.*, thousandth.
millier, *m.*, thousand.
millimètre, *m.*, millimeter (.03937 of an inch).
million, *m.*, million.
mince, slender, slight, thin.
mine, *f.*, mine.
minéral, *m.*, mineral.
minéral, -e, mineral.
minéralogique, mineralogical.
minéralogiste, *m.*, mineralogist.
mineur, *m.*, miner.
mineur, -e, minor.
miniature, *f.*, miniature.
minimum, *m.*, minimum.
minuit, *m.*, midnight.
minuscule, small, minute.
minute, *f.*, minute.
minutieu-x, -se, minute.
miracle, *m.*, miracle.
mirent, *see* **mettre.**
miroir, *m.*, mirror.
mis, mise, *see* **mettre.**
mise, *f.*, putting, placing.
misérable, miserable, wretched.
misère, *f.*, misery, destitution, want.
missionnaire, *m.*, missionary.
Mississipi, *m.*, Mississippi (river).
mit, *see* **mettre.**
mobile, movable, moving, variable.
mode, *m.*, mode, method.
modèle, *m.*, model.
modelé, *m.*, model.
modéré, -e, moderate.
modérer, to moderate, diminish.
moderne, modern.
modification, *f.*, modification.
modifier, to modify; **se** —, to be modified.
modique, moderate.
moelle, *f.*, marrow, pith.
mœurs, *f. plur.*, manners, morals.
moindre, less, least; **le, la** —, the least.
moins, less; **à — que,** unless; **le** —, the least; **au** —, **du** —, at least.
mois, *m.*, month.
moisson, *f.*, harvest.
moitié, *f.*, half; **à** —, half.
molécule, *f.*, molecule, particle.
molle, *see* **mou.**
mollusque, *m.*, mollusk, shell-fish.
moment, *m.*, moment.
momentané, -e, momentary.
monceau, *m.*, heap.
monde, *m.*, world, universe, people; **tout le** —, everybody, every one.
monnaie, *f.*, coin, money.
monotonie, *f.*, monotony.
monstrueu-x, -se, monstrous.
mont, *m.*, mount, mountain.
montagnard, *m.*, mountaineer.
montagne, *f.*, mountain.
montagneu-x, -se, mountainous.
monter, to rise, mount, ascend, equip, supply.
monticule, *m.*, hillock.
montre, *f.*, watch.
montrer, to show; **se** —, to appear, show one's self.
monument, *m.*, monument.
moraine, *f.*, moraine.
morceau, *m.*, piece.
morne, gloomy.
mort, *f.*, death.

mort, *m.*, dead person; *plur.*, dead.
mort, **–e**, dead.
mortel, **–le**, mortal, deadly.
mot, *m.*, word.
moteur, *m.*, motive power, motor.
mo-teur, **–trice**, motive.
motif, *m.*, motive, reason.
motocycle, *m.*, motorcycle.
mou, **mol**, **molle**, soft.
mouche, *f.*, fly.
moulé, **–e**, moulded.
moulin, *m.*, mill; **— à eau**, water-mill.
mourir, to die.
mousse, *f.*, moss.
mousseline, *f.*, muslin, mousseline.
mousseu-x, **–se**, frothy, mossy, spongy.
mousson, *f.*, monsoon.
mouton, *m.*, ram, rammer.
mouvement, *m.*, motion, movement.
mouvoir, to move, impel; **se —**, to move.
moyen, **–ne**, mean, average, middle.
moyen, *m.*, means; **au — de**, by means of.
moyenne, *f.*, average; **en —**, on an average.
mue, *see* **mouvoir**.
muet, **–te**, dumb, silent.
multiple, multiple, manifold.
multitude, *f.*, multitude.
munir, to provide, supply.
mur, *m.*, wall.
mûrir, to ripen, mature.
muscle, *m.*, muscle.
musculaire, muscular.
musculeu-x, **–se**, muscular.
musée, *m.*, museum.
muséum, *m.*, museum.
musical, **–e**, musical.
musique, *f.*, music.
mutuel, **–le**, mutual.
mutuellement, mutually.
myope, myopic, near-sighted.
myriade, *f.*, myriad.
mystère, *m.*, mystery.
mystérieu-x, **–se**, mysterious.

N

nager, to swim.
naï-f, **–ve**, simple, artless, natural.
naissance, *f.*, birth, rise, origin; **prendre —**, to arise, be formed.
naître, to be born, grow, arise.
nappe, *f.*, sheet, layer.
natal, **–e**, native (of things).
nati-f, **–ve**, native (of persons).
nation, *f.*, nation.
naturalisation, *f.*, naturalization.
naturaliser, to naturalize.
naturaliste, *m.*, naturalist.
nature, *f.*, nature, kind.
naturel, **–le**, natural, native.
naturel, *m.*, native.
naturellement, naturally.
navigateur, *m.*, navigator.
navigateur, sea-faring.
navigation, *f.*, navigation.
navire, *m.*, ship, vessel.
ne, *see* **pas**, **plus**, **que**, etc.
né, **–e**, born; *see* **naître**.
néanmoins, nevertheless.
nébuleuse, *f.*, nebula.
nécessaire, necessary.
nécessairement, necessarily.
nécessité, *f.*, necessity.
nécessiter, to necessitate, render necessary, require.
négati-f, **–ve**, negative.
nègre, *m.*, negro.
nègre, negro, black.
neige, *f.*, snow.
nerf, *m.* (fs *silent in plur.*), nerve.
nerveu-x, **–se**, nervous.
net, **–te**, clear, distinct, evident.
nettement, clearly, distinctly, entirely.
netteté, *f.*, clearness, distinctness.
neuf, nine.
neu-f, **–ve**, new.

neutre, neutral.
neveu, *m.*, nephew.
nez, *m.*, nose.
ni, nor.
nickel, *m.*, nickel.
nier, to deny.
niveau, *m.*, level.
niveler, to level, level down.
nivellement, *m.*, leveling.
nocturne, nocturnal.
noir, -e, black, dark.
noir, *m.*, black.
noirâtre, blackish.
noircir, to blacken, black, darken.
nom, *m.*, name.
nombre, *m.*, number.
nombreu-x, -se, numerous.
nommer, to name, call; **se —**, to be named, called.
non, no, not; — **pas**, not.
nord, *m.*, north.
nord, north.
normal, -e, normal, usual.
normalement, normally.
Norvège, *f.*, Norway.
nos (*plur. of* **notre**), our.
notable, notable, considerable.
notablement, notably, considerably.
notamment, especially.
note, *f.*, note.
notion, *f.*, notion, idea.
notre, our; **le nôtre, la nôtre**, ours.
nourrice, *f.*, nurse.
nourrir, to nourish; **se — (de**, on), to feed, live.
nourriture, *f.*, food, nourishment.
nous, we, us, to us, ourselves, to ourselves.
nouveau, nouvel, -le, new, fresh, recent; **de nouveau**, again; **à nouveau**, anew.
nouveauté, *f.*, novelty.
nouvelle, *f.*, news.
nouvellement, newly, lately.
nu, -e, naked, bare.
nuage, *m.*, cloud.
nuageu-x, -se, cloudy, clouded.
nuance, *f.*, shade, tint.
nuancer (se), to be tinted, shaded.
nuire (à), to injure.
nuisible, injurious, harmful.
nuit, *f.*, night, darkness; *see* **nuire**; **de —**, by night.
nul, -le, no, not any, null, zero; **—le part**, nowhere.
nullement, by no means.

O

obéir (à), to obey.
objectif, *m.*, objective, object-glass.
objet, *m.*, object.
obliger, to oblige, compel.
oblique, oblique, slanting.
obliquement, obliquely.
oblong, -ue, oblong.
obscur, -e, dark, obscure.
obscurité, *f.*, obscurity, darkness.
observateur, *m.*, observer.
observation, *f.*, observation.
observer, to observe; **s'—**, to be observed.
obstacle, *m.*, obstacle; **faire —**, to form an obstruction, hinder.
obstruction, *f.*, obstruction, stopping up.
obstruer, to obstruct, stop up; **s'—**, to become obstructed, stopped up.
obtenir, to obtain; **s'—**, to be obtained.
obtus, -e, obtuse, blunt, dull.
obtusion, *f.*, obtusion, dullness.
occasion, *f.*, opportunity.
occasionner, to occasion, cause.
occident, *m.*, west.
occidental, -e, western, west.
occupation, *f.*, occupation, employment.
occupé, -e, occupied, engaged, busy.

occuper, to occupy; **s'— de**, to concern one's self with, be occupied with, be busied with.
océan, *m.*, ocean.
oculaire, ocular, of the eye.
oculaire, *m.*, ocular, eyepiece.
odeur, *f.*, odor, smell.
odorant, **–e**, sweet-smelling.
œil, *m.*, eye; **coup d'—**, glance.
œuf, *m.* (**fs** *silent in plur.*), egg.
œuvre, *f.*, work.
offert, *see* **offrir**.
officiel, **–le**, official.
offrir, to offer, present; **s'—**, to be offered, presented.
oignon (**oi** = *o*), *m.*, bulb, bulbous root.
oiseau, *m.*, bird.
ombrage, *m.*, shade.
ombre, *f.*, shade, shadow.
ombré, **–e**, shaded.
omoplate, *f.*, scapula, shoulder-blade.
on (**l'on**), one, somebody, we, they.
onde, *f.*, undulation, wave.
ondulation, *f.*, undulation, vibration.
onze, eleven.
onzième, eleventh.
opacité, *f.*, opacity, opaqueness.
opaque, opaque.
opération, *f.*, operation.
opérer, to operate, effect; **s'—**, to be effected.
opinion, *f.*, opinion.
opposé, **–e**, opposite, contrary, opposed.
opposé, *m.*, opposite direction, side.
opposer, to oppose, compare; **s'— à**, to stop, hinder, oppose.
opticien, *m.*, optician.
optique, optic.
optique, *f.*, optics; **d'—**, optical.
or, now.
orageu-x, **–se**, stormy.
orangé, **–e**, orange-colored.
orangé, *m.*, orange color.
orbite, *f.*, orbit.
ordinaire, ordinary, common, usual.
ordinairement, ordinarily, usually.
ordonner, to order.
ordre, *m.*, order.
oreille, *f.*, ear.
organe, *m.*; organ, part, piece.
organique, organic.
organisation, *f.*, organization.
organisé, **–e**, organized.
organisme, *m.*, organism.
orgueilleu-x, **–se**, proud.
orient, *m.*, east.
oriental, **–e**, eastern, east.
orienter (**s'**), to get one's bearings.
origine, *f.*, origin, beginning.
originel, **–le**, original, primitive.
ornement, *m.*, ornament.
os, *m.*, bone.
oscillation, *f.*, oscillation, vibration.
oser, to dare.
ossements, *m. plur.*, bones.
osseu-x, **–se**, bony.
ossuaire, *m.*, ossuary, charnel-house.
ou, or, either; **— bien**, either, or else.
où, where, in which, to which, when; **d'—**, whence.
oubli, *m.*, forgetting, forgetfulness.
oublier, to forget.
ouest, *m.*, west.
ouragan, *m.*, hurricane.
ours (**s** *sounded*), *m.*, bear.
outil, *m.*, tool, implement.
outre, beyond; **en —**, besides, moreover.
ouvert, **–e**, open; *see* **ouvrir**.
ouverture, *f.*, opening, chasm, span.
ouvrage, *m.*, work, book.
ouvrier, *m.*, workman.
ouvrir (**s'**), to open.
oxydation, *f.*, oxidation.

oxyde, *m.*, oxide.
oxygène, *m.*, oxygen.
oxygéné, -e, oxygenated.
oxyhydrique, oxyhydrogen

P

Pacifique, Pacific.
page, *f.*, page.
page, *m.*, page (person).
paille, *f.*, straw.
pain, *m.*, bread.
paix, *f.*, peace.
pâle, pale, wan.
paléontologie, *f.*, paleontology.
paléontologiste, *m.*, paleontologist (one versed in the ancient life of the earth).
palette, *f.*, paddle, paddle-board.
pâleur, *f.*, pallor, paleness.
palissade, *f.*, stockade, palisade.
palmier, *m.*, palm-tree.
palpiter, to palpitate, throb.
panorama, *m.*, panorama.
paon (*pan*), *m.*, peacock.
papier, *m.*, paper.
papillon, *m.*, butterfly.
par, by, through, per.
paradoxal, -e, paradoxical.
paraître, to appear.
parallèle, parallel.
parallèlement, parallel.
paralyser, to paralyze.
parce que, because.
parcelle, *f.*, particle.
parchemin, *m.*, parchment.
parcourir, to go over, go through, travel over, traverse.
pareil, -le, such, like, similar.
parer (se), to adorn one's self, be adorned.
parfait, -e, perfect.
parfaitement, perfectly.
parfois, sometimes, at times.
parfum, *m.*, perfume, odor.
parler, to speak; **se —,** to speak to each other.
parmi, among.
paroi, *f.*, wall, side.
parole, *f.*, speech, word.
parsemer, to strew, stud, spangle.
part, *f.*, part, share, portion; **d'autre —,** on the other hand; **de — et d'autre,** on both sides; **d'une —,** on the one hand; **nulle —,** nowhere; **à —,** except; **de la — de,** on the part of, in the name of, from; **de toutes —s,** on all sides.
partage, *m.*, share, portion, lot.
partager, to share, divide; **se —,** to be divided.
parti, *m.*, party, side, advantage, profit; **tirer — de,** to derive advantage from.
participer (à, in), to participate, share.
particularité, *f.*, peculiarity.
particule, *f.*, particle.
particul-ier, -ière, peculiar, particular, special.
particulier, *m.*, particular.
particulièrement, particularly.
partie, *f.*, part.
partiellement, partially.
partir, to depart, start, move.
partisan, *m.*, partisan.
partout, everywhere.
paru, parut, *see* **paraître.**
parure, *f.*, adornment.
parvenir, to succeed, arrive, reach.
pas, *m.*, step.
pas, ne . . . pas, not, no.
passage, *m.*, passage, passing, transit.
passé, *m.*, past.
passé, -e, past, former, bygone.
passer, to pass, put, slip on; **se —,** to take place, happen; **se — de,** to do without.
passerelle, *f.*, footbridge.
passi-f, -ve, passive.
pasteur, *m.*, pastor, minister.
pâte, *f.*, paste, clay.
pathologique, pathological.

patiemment, patiently.
patience, *f.*, patience.
patient, **-e**, patient.
patte, *f.*, paw, foot.
pâturage, *m.*, pasture, pasture-land.
paupière, *f.*, eyelid.
pauvre, poor.
pauvreté, *f.*, poverty.
pavé, *m.*, pavement.
pays, *m.*, country.
paysage, *m.*, landscape.
paysan, *m.*, peasant.
peau, *f.*, skin.
pêche, *f.*, fishing.
pêcheur, *m.*, fisherman.
pédoncule, *m.*, peduncle, stem.
peigne, *see* **peindre**.
peindre, to paint, portray; **se —**, to be portrayed, depicted.
peine, *f.*, trouble, difficulty; **à —**, hardly, scarcely; **à grand'—**, with great difficulty.
peintre, *m.*, painter.
peinture, *f.*, paint; **— à l'huile**, oilpaint.
pelage, *m.*, hair, coat, covering, skin.
pêle-mêle, pellmell, in confusion.
pêle-mêle, *m.*, confusion.
pelle, *f.*, shovel; **— à puiser**, long-handled shovel.
pellicule, *f.*, film, thin skin, crust.
pencher, to lean, bend, incline, tilt, tip.
pendant, during; **— que**, while.
pendule, *m.*, pendulum.
pénétration, *f.*, penetration.
pénétrer, to penetrate, impress.
pénombre, *f.*, penumbra, partial shadow.
pensée, *f.*, thought.
penser (à), to think (of).
pension, *f.*, pension.
pente, *f.*, inclination, slope, declivity, incline.
perceptible, perceptible.
perception, *f.*, perception.
percer, to pierce.
perdre, to lose.
père, *m.*, father.
perfection, *f.*, perfection.
perfectionné, **-e**, perfected, improved.
perfectionnement, *m.*, improvement.
perfectionner, to perfect, improve; **se —**, to be improved, perfected.
période, *f.*, period.
périodicité, *f.*, periodicity.
périr, to perish.
perle, *f.*, pearl.
permanent, **-e**, permanent.
perméabilité, *f.*, permeability.
perméable, permeable, pervious.
permettre, to permit, allow.
permirent, *see* **permettre**.
permis, *see* **permettre**.
perpendiculaire, perpendicular.
perpendiculairement, perpendicularly.
perpétuel, **-le**, perpetual, everlasting.
perpétuellement, perpetually.
persécuter, to persecute.
persévérance, *f.*, perseverance.
persévérant, **-e**, persevering.
persister, to persist.
personne, *f.*, person.
perspective, *f.*, perspective.
persuader, to persuade.
perte, *f.*, loss.
perturba-teur, **-trice**, disturbing.
perturbation, *f.*, perturbation, disturbance.
pesant, **-e**, heavy.
pesanteur, *f.*, gravity, weight.
peser, to weigh.
pétiole, *m.*, petiole, leafstalk.
petit, **-e**, little, small.
petitesse, *f.*, littleness, smallness.
pétrole, *m.*, petroleum, gasoline.
peu, little, few; **à — près**, nearly, almost; **— à —**, little by little, gradually.

peuplade, *f.*, people, horde, tribe.
peuple, *m.*, people, nation.
peupler, to inhabit.
peur, *f.*, fear; **de — que,** for fear that, lest.
peut, *see* **pouvoir.**
peut-être, perhaps.
peuvent, *see* **pouvoir.**
phase, *f.*, phase.
phénomène, *m.*, phenomenon.
Philadelphie, Philadelphia.
philosophe, *m.*, philosopher.
philosophique, philosophical.
phoque, *m.*, seal.
phosphore, *m.*, phosphorus.
photographique, photographic.
photosphère, *f.*, photosphere.
physicien, *m.*, natural philosopher, physicist.
physiologie, *f.*, physiology.
physiologique, physiological.
physiologiste, *m.*, physiologist.
physique, physical.
physique, *f.*, physics.
pianiste, *m.*, pianist.
pic, *m.*, peak.
pièce, *f.*, piece, room.
pied, *m.*, foot; **à —,** on foot.
pierraille, *f.*, broken stone.
pierre, *f.*, stone.
piéton, *m.*, foot passenger, pedestrian.
pieu, *m.*, stake, pile.
pile, *f.*, pier, pile, battery.
pilote, *m.*, pilot.
pilotis, *m.*, piling, pile-work, set of piles.
pin, *m.*, pine-tree.
pioche, *f.*, pickaxe,
pionnier, *m.*, pioneer.
piquant, -e, piquant, pungent, sharp.
piquer, to prick.
piqûre, *f.*, prick, pricking.
piston, *m.*, piston.
pittoresque, picturesque.
pittoresquement, picturesquely.
pivot, *m.*, pivot.
pivotant, -e, tap-rooted.
place, *f.*, place, seat, room.
placer, to place; **se —,** to be put, placed.
plaine, *f.*, plain.
plaire (se), to delight, take pleasure.
plaisir, *m.*, pleasure.
plan, *m.*, plane, plan, ground, surface.
planche, *f.*, plate, cut, plank, board.
plancher, *m.*, floor, flooring.
planchette, *f.*, small board.
planétaire, planetary.
planète, *f.*, planet.
plantation, *f.*, plantation.
plante, *f.*, plant.
planter, to plant, set, drive.
plaque, *f.*, plate, slab.
plat, -e, flat.
plateau, *m.*, basin (of scales), plateau, table-land, plate, disk.
platine, *m.*, platinum.
plein, -e, full.
plein, *m.*, full; **en —,** fully, at the full.
plier (se), to bend, yield, adapt one's self.
plomb, *m.*, lead.
plonger, to plunge, submerge, descend.
pluie, *f.*, rain.
plumage, *m.*, plumage, feathers.
plume, *f.*, feather, quill, pen.
plupart, *f.*, majority, greater part, most part.
plus, more; **le, la —,** the most; **— . . . —,** the more . . . the more; **ne . . . —,** no more, no longer; **non —,** either, neither; **de —,** furthermore; **de — en —,** more and more; **au —,** at the most; **tout au —,** at the very most.
plusieurs, several, many.
plutonien, -ne, Plutonic, igneous.
plutôt, rather.

pluvial, -e, of rain.
pluvieu-x, -se, rainy.
pneumatique, pneumatic.
pneumatique, *m.*, pneumatic tire.
poêle, *m.*, stove.
poésie, *f.*, poetry.
poète, *m.*, poet.
poids, *m.*, weight, gravity.
point, *m.*, point, place; **ne . . . —,** not, not at all; **au — de vue,** from the point of view.
pointe, *f.*, point, horn; **en —,** to a point.
pointu, -e, pointed, sharp.
poirreau, *m.*, leek.
poisson, *m.* fish.
poitrine, *f.*, breast.
polaire, polar, north.
pôle, *m.*, pole.
poli, -e, polished.
pollen, *m.*, pollen.
polonais, -e, Polish.
polypier, *m.*, polyp, coral.
pomme, *f.*, apple; **— de terre,** potato.
pompe, *f.*, pump; **— à air,** air-pump.
pondérable, ponderable, weighable.
pont, *m.*, bridge.
pont-levis, *m.*, drawbridge.
populaire, popular.
populariser, to popularize.
population, *f.*, population.
porcelaine, *f.*, porcelain.
poreu-x, -se, porous.
port, *m.*, harbor, port.
portati-f, -ve, portable.
portée, *f.*, reach, range, span.
porte-objet, *m.*, object-holder, holder.
porter, to carry, bear, bring, support.
portion, *f.*, portion, part.
pose, *f.*, laying.
poser, to place, put, state, lay, lay down.
positi-f, -ve, positive, certain.
position, *f.*, position, situation.
posséder, to possess, have.
possibilité, *f.*, possibility.
possible, possible.
postérieur, -e, subsequent, later, posterior.
postérieurement, subsequently.
potag-er, -ère, garden, edible.
potasse, *f.*, potash.
potentiel, *m.*, potential.
poterie, *f.*, pottery, baked clay; **terre à —,** potter's clay.
pouce, *m.*, inch.
poudre, *f.*, powder.
poulie, *f.*, pulley.
poumon, *m.*, lung.
pour, for, to, in order to, on account of; **— que,** in order that, so that, for . . . to.
pourpre, *m.*, purple.
pourquoi, why.
pourra, pourrait, *see* **pouvoir.**
pourrions, *see* **pouvoir.**
pourrir, to rot.
pourront, *see* **pouvoir.**
poursuivre, to pursue.
pourtant, however.
pourvoir, to provide.
pourvu que, provided, provided that.
pousser, to push, put forth.
poussière, *f.*, dust, powder.
poutre, *f.*, beam.
pouvoir, to be able, can.
pouvoir, *m.*, power.
prairie, *f.*, meadow.
praticien, *m.*, practitioner, artisan.
pratique, practical.
pratique, *f.*, practice, general use.
pratiquer, to practice, make.
préalable, previous, preliminary.
préalablement, previously.
précaution, *f.*, precaution.
précédemment, previously.
précédent, -e, preceding.
précéder, to precede.
précieu-x, -se, precious, valuable.
précipice, *m.*, precipice.

précipiter (se), to precipitate one's self, rush.
précis, -e, precise, exact.
précisément, precisely, exactly.
précision, *f.*, precision.
prédire, to predict.
préférable, preferable.
préférence, *f.*, preference.
préférer, to prefer.
préjuger, to prejudge, predict.
prêle, *f.*, horsetail.
préliminaire, preliminary.
prélude, *m.*, prelude.
prem-ier, -ière, first, former, fore.
prendre, to take.
préoccuper, to preoccupy; **se — (de),** to preoccupy one's self (with), give attention (to), notice.
préparation, *f.*, preparation, slide.
préparer, to prepare.
prépondérant, -e, preponderant, prevailing.
près, near, nearly; **à peu —,** nearly, almost; **— de,** near, nearly; **de —,** closely.
presbyte, presbyopic, affected with presbyopia.
presbytie, *f.*, presbyopia, diminished power of accommodation for near objects.
prescrire, to prescribe.
présence, *f.*, presence.
présent, *m.*, present.
présenter, to present, offer; **se —,** to appear, present one's self, be presented.
préserver, to preserve.
présider à, to preside over, direct.
presque, almost, nearly.
pressentir, to have a presentiment of, forebode.
presser, to press, crowd.
pression, *f.*, pressure.
prétendre, to pretend, claim, lay claim.
prétendu, -e, pretended, so-called.
prétention, *f.*, pretention.
prêter (se), to adapt one's self, lend each other.
preuve, *f.*, proof, evidence.
prévision, *f.*, prevision, foresight.
prévoir, to foresee.
primiti-f, -ve, primitive, first, former, primary.
primitivement, primitively.
principal, -e, principal, chief.
principalement, principally.
principe, *m.*, principle.
printemps, *m.*, spring.
pris, *see* **prendre.**
prismatique, prismatic.
prisme, *m.*, prism.
prisonnier, *m.*, prisoner.
prit, *see* **prendre.**
privation, *f.*, privation, deprivation.
priver, to deprive.
privilège, *m.*, privilege.
privilégié, -e, privileged, favored.
prix, *m.*, price, cost.
probable, probable, likely.
probablement, probably.
problème, *m.*, problem.
procédé, *m.*, proceeding, process.
proche (de), near (to); **de — en —,** from one place to another.
procurer, to procure, obtain.
prodigieusement, prodigiously.
prodigieu-x, -se, prodigious, wondrous.
prodigue, prodigal, lavish, unsparing.
production, *f.*, production.
produire, to produce; **se —,** to occur, show one's self, be produced.
produit, *m.*, product; *see* **produire.**
professeur, *m.*, professor, teacher.
profession, *f.*, profession, trade.
profit, *m.*, profit, advantage.
profiter, to take advantage, profit, avail one's self.
profond, -e, deep, complete, profound.

profondément, deeply.
profondeur, *f.*, depth.
profusion, *f.*, profusion; **à —**, in profusion.
progrès, *m.*, progress, improvement.
progresser, to progress.
progressivement, progressively, by degrees.
projectile, *m.*, projectile, shot.
projeter, to project, cast, throw out, forward; **se —**, to be projected, stand out.
prolonger, to prolong, continue.
promener, to flutter, display; **se —**, to take a walk, wander, stroll.
promptitude (*medial* **p** *silent*), *f.*, readiness, speediness, promptness.
prononcé, -e, decided, pronounced.
prononcer, to pronounce; **se —**, to pass judgment.
propagation, *f.*, propagation, diffusion.
propager (se), to be diffused, spread, propagated.
proportion, *f.*, proportion.
propos: **à — de**, apropos of, with regard to.
proposer, to propose.
propre, suitable, proper, own, adapted, peculiar, very.
proprement, properly.
propriétaire, *m.*, owner, proprietor.
propriété, *f.*, property, peculiarity, quality, virtue.
prospérité, *f.*, prosperity.
protection, *f.*, protection.
protéger, to protect.
protestant, *m.*, Protestant.
protester, to protest.
protubérance, *f.*, protuberance.
proue, *f.*, prow.
prouver, to prove.
provenance, *f.*, production, origin.
provenir, to proceed, arise, come.
provient, *see* **provenir**.
provisoire, provisional.
provoquer, to provoke, cause.
proximité, *f.*, proximity, nearness.
prudence, *f.*, prudence.
pu, *see* **pouvoir**.
publi-c, -que, public.
publier, to publish.
puéril, -e, puerile, childish.
puis, then, afterwards.
puiser (dans), to draw (from), take.
puisque, since,
puissamment, powerfully.
puissance, *f.*, power, thickness.
puissant, -e, powerful, mighty.
puisse, puissent, *see* **pouvoir**.
puits, *m.*, well.
pulpe, *f.*, pulp, tissue.
pulvérulent, -e, pulverized, powdery.
punch, *m.*, punch.
pupille, *f.*, pupil.
pur, -e, pure.
purement, purely, merely.
pureté, *f.*, purity, clearness.
purification, *f.*, purification.
purifier, to purify
purpurin, -e, purplish.
pussent, *see* **pouvoir**.
put, pût, *see* **pouvoir**.
putréfaction, *f.*, putrefaction.
pyramide, *f.*, pyramid.

Q

quadricycle, *m.*, quadricycle.
quadripède, *m.*, quadruped.
quai, *m.*, quay, pier.
qualité, *f.*, quality.
quand, when.
quant à, as to, as for.
quantité, *f.*, quantity.
quarante, forty.
quarante-cinq, forty-five.
quarante-six, forty-six.

quart, *m.*, quarter.
quartier, *m.*, quarter.
quartz, *m.*, quartz.
quatorze, fourteen.
quatorzième, *m.*, fourteenth.
quatre, four.
quatre-vingt-dix, ninety.
quatrième, fourth.
quatrillion, *m.*, thousand trillions, quadrillion.
que, than, as, whether, that, which, whom, what, when, let, if; **ne . . . —**, only, but; **— de**, how many.
quel, **-le**, which, what.
quelconque, whatever, any whatever.
quelque, whatever, some, any, a few, however.
quel (quelle) que, whatever.
quelquefois, sometimes.
quelques-uns, some, some few.
quelqu'un, some one.
question, *f.*, question.
queue, *f.*, tail.
qui, which, that, who.
quinze, fifteen.
quitter, to leave.
quoi, what; **— que**, however, whatever.
quoique, although.

R

rabattre, to beat down, lower, turn down.
rabougri, **-e**, stunted.
raccordement, *m.*, joining, junction.
raccorder (se), to be joined, united.
raccourci, *m.*, shortening; **en —**, foreshortened.
race, *f.*, race.
rachitique, imperfect, weak.
racine, *f.*, root.
radeau, *m.*, raft.
radiation, *f.*, radiation.
radical, *m.*, radical, fundamental, element.
radieu-x, **-se**, radiant.
rail, *m.*, rail.
raison, *f.*, reason, rate; **en — de**, at the rate of, by reason of.
raisonnement, *m.*, reasoning.
ralentir, to make slower, retard, slacken.
rallumer, to light again, rekindle.
rameau, *m.*, branch.
ramification, *f.*, ramification, small branch.
ramifié, **-e**, ramifying, spreading.
rampant, **-e**, creeping.
ramper, to creep, crawl.
rang, *m.*, rank.
ranger, to arrange.
rapide, rapid, swift, steep.
rapidement, rapidly.
rapidité, *f.*, rapidity, velocity.
rappeler, to recall.
rapport, *m.*, report, relation, connection, conformity, accord; **sous ce —**, in this, that respect; **par — à**, with regard to, as related to; **sous le — de**, with regard to.
rapporter, to ascribe, attribute, refer, quote, cite, relate.
rapproché, **-e (de)**, near (to), near at hand.
rapprochement, *m.*, comparison.
rapprocher, to bring near again, bring nearer; **se —**, to draw closer together; **se — de**, to draw near to, approach; **— de**, to ally to, connect with.
rare, rare, unusual, scarce.
raréfaction, *f.*, rarefaction.
rarement, rarely, seldom.
rassembler, to bring together, gather, assemble.
rattacher, to tie, join, tie together; **se — à**, to be connected with.
ravage, *m.*, ravages.
ravin, *m.*, ravine.
raviner, to wash out, gully.

ravir, to delight; **— à**, to take away from, snatch from.
rayon, *m.*, ray, radius.
rayonnement, *m.*, radiation.
rayonner, to radiate, shine.
réaction, *f.*, reaction.
réagir, to react.
réalisable, realizable.
réaliser, to realize, bring about, effect, carry out, make real.
réalité, *f.*, reality.
rebâtir, to rebuild.
recéler, to conceal, contain.
récemment, recently.
récent, -e, recent.
récepteur, *m.*, receiver.
recevoir, to receive.
recharger, to recharge.
réchauffer, to heat again; **se —**, to be warmed, heated.
recherche, *f.*, search, research, seeking, investigation; **à la — de**, in search of.
recherché, -e, choice, in demand, sought after.
rechercher, to search again, seek for, look for.
récif, *m.*, reef.
récipient, *m.*, receiver.
réciproque, reciprocal, mutual.
reçoit, reçoivent, *see* **recevoir**.
récolte, *f.*, harvest, crop.
recommander, to recommend.
recommencer, to begin again.
reconnaître, to recognize.
reconquérir, to reconquer, regain.
reconstituer, to reconstruct.
recourbé, -e, bent, curved.
recourir, to resort, have recourse.
recours, *m.*, recourse.
recouvrir, se —, to cover again, cover, cover over.
rectiligne, rectilinear.
rectitude, *f.*, straightness.
reçu, *see* **recevoir**.
recueil, *m.*, collection.
recueillir, to collect, gather; **se —**, to be collected, picked up.
recuire, to reheat, anneal.
recul, *m.*, recoil, starting back.
reculé, -e, remote, distant.
reculer, to move back, withdraw.
reçut, *see* **recevoir**.
redescendre, to descend again.
redouter, to dread, fear.
réductible, reducible.
réduction, *f.*, reduction.
réduire, to reduce; **se —**, to be reduced.
réduit, *m.*, retreat, small house, lodgings; *see* **réduire**.
réel, -le, real, actual, true.
réellement, really, in reality.
refermer (se), to shut again, close.
réfléchir, to reflect.
reflet, *m.*, reflection,
refléter (se), to be reflected.
réflexion, *f.*, reflection.
refouler, to drive back.
réfractaire, refractory.
réfracter, to refract; **se —**, to be refracted.
réfraction, *f.*, refraction.
réfringent, -e, refracting.
refroidir, to chill, cool; **se —**, to cool, get cold.
refroidissement, *m.*, cooling.
refuge, *m.*, shelter.
refuser, to refuse.
regard, *m.*, look, glance, gully-hole, opening; *plur.*, eyes.
regarder, to look at, look, regard, consider.
régime, *m.*, régime, rule, system.
région, *f.*, region, locality.
régir, to govern, rule.
réglage, *m.*, regulating.
régler, to regulate, set.
règne, *m.*, kingdom.
régner, to reign, abound, prevail.
régularité, *f.*, regularity.
régulateur, *m.*, regulator.
régul-ier, -ière, regular.
rehausser, to enhance, heighten, increase, set off.

rejeter, to reject, throw back, cast off.
rejeton, *m.*, offspring, offshoot.
relâcher (se), to be relaxed.
relati-f, -ve, relative, relating.
relation, *f.*, relation, account.
relativement, relatively; **— à,** with regard to, touching.
reléguer, to relegate, banish.
relever, to raise again, restore, lift up, gather up; **se —,** to rise.
relief, *m.*, relief, contour, outline, elevation.
relier, to bind, connect, join; **se — à,** to connect with.
religieu-x, -se, religious.
remanier, to work over, change.
remarquable, remarkable.
remarque, *f.*, remark.
remarquer, to remark, observe, notice.
remédier (à), to remedy.
remettre, to put back, restore.
réminiscence, *f.*, reminiscence.
remis, *see* **remettre.**
remonter, to rise, rise again, re-ascend, go back.
remorque, *f.*, tow, towing.
rempart, *m.*, rampart, bulwark.
remplacement, *m.*, replacing.
remplacer, to replace.
remplir, to fill.
remporter, to carry off, gain.
remuer, to move, stir.
renaître, to be born again, spring up again, revive.
renard, *m.*, fox.
rencontre, *f.*, meeting, encounter.
rencontrer, to meet; **se —,** to be met.
rendement, *m.*, efficiency.
rendre, to render, make, restore, return; **se —,** to proceed, go, flow, make one's self.
renfermer, to shut up, contain, comprise.
renflé, -e, swollen, rounded.
renforcer, to strengthen.
renforceur, strengthening.
renne, *m.*, reindeer.
renoncule, *f.*, crowfoot, buttercup.
renouée, *f.*, knotgrass, knotweed.
renouveler, to renew.
renouvellement, *m.*, renewal, renewing.
renseignement, *m.*, information.
rentrer, to enter again, return.
renversement, *m.*, reversing, inversion.
renverser, to overthrow, overturn, reverse, turn upside down, throw down, invert.
répandre, to spread, spread abroad, give out, scatter, diffuse; **se —,** to spread, be diffused.
répandu, -e, diffused, generally known, in vogue.
reparaître, to reappear.
réparer, to repair.
répartir, to divide, distribute.
répartition, *f.*, distribution.
répéter, to repeat.
répondre, to correspond, agree, answer, reply,
réponse, *f.*, answer, reply.
reporter (se), to be carried back, go back.
repos, *m.*, rest, repose; **en —,** at rest.
reposer, to rest; **se —,** to rest, repose.
repousser, to repel, repulse, drive back; **se —,** to repel each other.
reprendre, to take again, recover, resume, get back, take up.
représentant, *m.*, representative.
représentation, *f.*, representation.
représenter, to represent; **se —,** to imagine, picture to one's self.
repris, *see* **reprendre.**
reproduction, *f.*, reproduction.
reproduire, to reproduce, republish.
reptile, *m.*, reptile.
répulsion, *f.*, repulsion.

réseau, *m.*, network, system.
réserver, to reserve.
réservoir, *m.*, reservoir.
résider, to reside, consist, lie.
résidu, *m.*, residue, residuum.
résine, *f.*, resin, rosin.
résistance, *f.*, resistance.
résistant, -e, resisting.
résister (à), to resist.
résolu, *see* **résoudre.**
résoudre, to solve, settle.
respiration, *f.*, breathing.
respiratoire, respiratory.
respirer, to breathe.
ressac, *m.*, surf.
ressemblance, *f.*, resemblance.
ressembler, to resemble; **se —,** to resemble each other.
ressentir, to feel, experience.
resserrer, to contract, compress.
ressort, *m.*, spring.
ressortir, to stand out, show; **faire —,** to bring out to view, set forth, emphasize.
ressource, *f.*, resource.
ressusciter, to come to life.
reste, *m.*, rest, remainder, remains; **du —,** however.
rester, to remain.
restreint, -e, restricted.
résultante, *f.*, resultant.
résultat, *m.*, result.
résulter, to result.
résumé, *m.*, summing up, summary, résumé; **en —,** in short.
résumer, to summarize, repeat.
rétablir, to restore, reëstablish; **se —,** to be restored.
retard, *m.*, delay, hindrance.
retarder, to retard, delay.
retendre, to stretch again.
retenir, to hold back, retain, hold on.
retentir, to resound.
retentissement, *m.*, resounding, renown.
retenue, *f.*, fixture, retention; *see* **retenir.**
réticence, *f.*, reserve, reticence.
retiennent, *see* **retenir.**
rétine, *f.*, retina.
rétinien, -ne, retinal, of the retina.
retirer, to draw out, remove, withdraw, derive, obtain; **se —,** to withdraw, retire, leave.
retomber, to fall back.
retour, *m.*, return.
retourner, to return, go back, turn upside down, invert.
retrouver, to find again, meet; **se —,** to be met with, found.
réunion, *f.*, union, reunion, meeting, assembly.
réunir, to collect, unite, assemble; **se —,** to be collected.
réussir, to succeed.
réveil, *m.*, awakening.
réveiller (se), to awaken.
révélation, *f.*, revelation.
révéler, to reveal, disclose; **se —,** to be revealed.
revendiquer, to claim.
revenir, to return, come back, redound, be due to.
rêver, to dream, fancy, picture.
réverbération, *f.*, reverberation, reflection.
rêverie, *f.*, revery.
revêtir, to put on, line, coat, cover; **se —,** to clothe one's self.
revienne, revient, *see* **revenir.**
revint, *see* **revenir.**
révolution, *f.*, revolution.
Rhône, *m.*, Rhone.
riche, rich.
richesse, *f.*, riches, richness.
rider, to wrinkle, corrugate.
rien, *m.*, nothing, anything; **ne . . . —,** nothing.
rigide, rigid.
rigole, *f.*, trench, water-furrow.
rigoureu-x, -se, rigorous, severe, strict.
rigoureusement, rigorously, strictly.

rigueur, *f.*, rigor, strictness; **à la —,** strictly, in case of necessity.
risquer, to risk.
rite, *m.*, rite.
rivage, *m.*, shore, bank.
rival, *m.*, rival.
rive, *f.*, bank, shore.
rivière, *f.*, river.
rivure, *f.*, riveting, riveted joint.
robinet, *m.*, stopcock, faucet.
robuste, robust, strong.
roc, *m.*, rock.
roche, *f.*, rock.
rocher, *m.*, rock.
rognon, *m.*, kidney-shaped ore.
roi, *m.*, king.
rôle, *m.*, rôle, part.
romain, -e, Roman.
Romain, *m.*, Roman.
rompre, se —, to break, snap.
rond, -e, round.
rondelle, *f.*, round piece, ring, disk.
rose, *f.*, rose.
rose, rose-colored, pink, pinkish.
rosé, -e, pale red, rose-colored, roseate.
roseau, *m.*, reed, reed-grass.
rosée, *f.*, dew.
rotation, *f.*, rotation.
roue, *f.*, wheel; **bateau à —s,** side-wheel steamer.
rouet, *m.*, spinning-wheel.
rouge, red.
rouge, *m.*, red, red heat.
rougir, to redden, heat.
rouler, to roll, roll up, carry along.
route, *f.*, route, course, way; **en —,** on the way.
royal, -e, royal.
royaume, *m.*, kingdom.
rude, rough, rugged.
rudimentaire, rudimentary.
rue, *f.*, street.
ruine, *f.*, ruin.
ruiner, to ruin; **se —,** to ruin one's self, be ruined.
ruineu-x, -se, ruinous.
ruisseau, *m.*, stream, brook.
rumb, *m.*, rhumb, point.
rupture, *f.*, breaking, bursting.

S

sa, his, her, its.
sable, *m.*, sand.
Sahara, *m.*, Sahara.
saillie, *f.*, projection; **faire —,** to project, protrude.
saillir, to project, stand forth.
sain, -e, sound, healthy.
saint, *m.*, saint.
saisir, to seize, understand; **se — de,** to seize.
saisissant, -e, startling, surprising, impressive.
saison, *f.*, season.
sait, *see* **savoir.**
salade, *f.*, salad.
salle, *f.*, hall, large room.
salutaire, salutary, wholesome.
sang, *m.*, blood.
sanguin, -e, of blood, containing blood.
sans, without.
santé, *f.*, health.
sapin, *m.*, fir, fir-tree.
sarclage, *m.*, weeding.
satellite, *m.*, satellite.
satisfaction, *f.*, satisfaction.
satisfaisant, -e, satisfactory.
saturer, to saturate, surfeit.
saurait, *see* **savoir.**
sauter, to leap, jump.
sauvage, wild, savage.
sauvage, *m.*, savage.
sauver (se), to escape, flee, take refuge.
savant, -e, learned, scholarly.
savant, *m.*, scholar, savant.
saveur, *f.*, taste, flavor.
savoir, to know, know how, be able.
savoureu-x, -se, savory.
scène, *f.*, scene, stage.

schiste, *m.*, schist, slate.
scie, *f.*, saw.
science, *f.*, science.
scientifique, scientific.
scirpe, *m.*, club-rush, bulrush.
sciure, *f.*, sawdust; — **de bois**, sawdust.
sclérotique, *f.*, sclerotic.
sculpture (**p** *silent*), *f.*, sculpture.
se, himself, herself, itself, themselves, each other, one another, one's self.
sec, sèche, dry, hard, sharp.
sécher, to dry.
second, -e (**c** = *g*), second.
secondaire (**c** = *g*), secondary.
seconde (**c** = *g*), *f.*, second.
secours, *m.*, help, aid.
secousse, *f.*, shock.
secret, *m.*, secret, secrecy.
secteur, *m.*, sector.
section, *f.*, section.
séculaire, secular, once in a century, of the ages, permanent.
sécurité, *f.*, security, safety.
sédentaire, sedentary.
sédiment, *m.*, sediment.
sédimentaire, sedimentary.
séduisant, -e, seductive, attractive.
sein, *m.*, bosom, heart, midst, interior.
seize, sixteen.
séjourner, to remain, stay.
sel, *m.*, salt.
selle, *f.*, saddle, seat.
selon, according to; — **que**, according as.
semaine, *f.*, week.
semblable, like, similar, such.
sembler, to appear, seem.
semer, to sow, strew, scatter.
sénateur, *m.*, senator.
sens, *m.*, sense, direction, meaning.
sensation, *f.*, sensation.
sensibilité, *f.*, sensibility.
sensible, sensible, perceptible, sensitive.
sensiblement, perceptibly.
sensiti-f, -ve, sensitive.
sensitive, *f.*, sensitive-plant.
sentiment, *m.*, perception, feeling, sensation.
sentir, to feel.
séparation, *f.*, separation.
séparé, -e, separate.
séparément, separately.
séparer, to separate, sever, split; **se** —, to be separated, to separate.
sept, seven.
septième, seventh.
sépulcre, *m.*, burial-place, tomb.
sépulture, *f.*, burial, vault.
sera, serait, *see* **être**.
serein, -e, serene, clear, calm.
série, *f.*, series.
sérieusement, seriously.
sérieu-x, -se, serious, weighty.
sérieux, *m.*, seriousness; **au** —, seriously, in earnest.
seront, *see* **être**.
serre, *f.*, greenhouse, hothouse.
serré, -e, close, together, crowded, compact.
serrer, to press close, tighten.
service, *m.*, service.
servir, to serve, be of use; **se** — **de**, to use, make use of.
servitude, *f.*, servitude.
ses, his, her, its.
seul, -e, alone, single, only, mere.
seulement, only, merely.
sève, *f.*, sap.
si, if, whether.
si, so.
sidéral, -e, sidereal.
siècle, *m.*, century.
siège, *m.*, seat.
signaler, to point out, call attention to.
signe, *m.*, sign.
signification, *f.*, meaning.
signifier, to signify, mean.
silence, *m.*, silence.
silencieu-x, -se, silent, still.

silex, *m.*, silex, silica, flint.
silhouette, *f.*, silhouette, profile.
silice, *f.*, silica, flint.
siliceu-x, -se, siliceous.
silicium, *m.*, silicium, silicon.
sillon, *m.*, furrow.
sillonner, to furrow.
simple, simple, mere, single.
simplement, simply, merely.
simplicité, *f.*, simplicity.
simplifier, to simplify.
simultané, -e, simultaneous.
simultanément, simultaneously, at the same time.
singul-ier, -ière, singular, peculiar.
singulièrement, singularly, peculiarly.
siroco, *m.*, sirocco (hot wind).
sitôt que, as soon as.
situation, *f.*, situation.
situé, -e, situated.
six, six.
société, *f.*, society, company.
sodium, *m.*, sodium.
soi, one's self, itself.
soie, *f.*, silk.
soigner, to take care of, look after.
soigneusement, carefully.
soigneu-x, -se, careful.
soin, *m.*, care, attention; **avoir —**, to take care.
soir, *m.*, evening.
soit, *see* **être**; either, or.
soixante, sixty.
soixante-cinq, sixty-five.
soixante-dix, seventy.
soixante-huit, sixty-eight.
soixante-treize, seventy-three.
sol, *m.*, soil, ground.
solaire, solar, of the sun.
soleil, *m.*, sun.
solidarité, *f.*, solidarity, union of interests and responsibilities.
solide. solid, strong, firm.
solidifier (se), to solidify, become solid.
solidité, *f.*, solidity, strength.
solitaire, solitary.
solitude, *f.*, solitude.
solliciter, to solicit.
soluble, soluble.
solution, *f.*, solution.
sombre, dark, dull, gloomy, somber.
sommaire, summary.
sommairement, summarily, briefly.
somme, *f.*, sum; **en —**, on the whole.
sommeil, *m.*, sleep.
sommet, *m.*, summit, top.
son, his, her, its.
son, *m.*, sound.
sondage, *m.*, sounding, boring.
sonder, to sound, probe, explore.
songer à, to think of, reflect upon, consider.
sonnerie, *f.*, bell, electric bell.
sonore, sonorous.
sonorité, *f.*, sonority, sonorousness.
sorcier, *m.*, sorcerer.
sorte, *f.*, sort, kind, manner, way; **de — que**, so that; **de telle —**, in such a way, so much; **en — que**, so that.
sortie, *f.*, going out, leaving, outlet.
sortir, to go out, issue, come out, emerge.
soudain, -e, sudden, unexpected.
souder, to solder, weld.
souffler, to blow.
souffrance, *f.*, suffering.
souffrir, to suffer.
soufre, *m.*, sulphur, brimstone.
souiller, to contaminate, taint.
souillure, *f.*, stain, taint.
soulèvement, *m.*, uplifting, upheaval.
soulever, to lift up, raise.
soulier, *m.*, shoe.
soumettre, to subject, submit; **se —**, to submit.

soumis, *see* **soumettre**.
soupape, *f*., valve.
soupçonner, to suspect.
souplesse, *f*., flexibility, facility.
source, *f*., source, spring.
sous, under.
sous-lacustre, sub-lacustrine.
sous-marin, **–e**, submarine, submersed.
sous-sol, *m*., subsoil.
soustraire (**à**), to withdraw (from).
soutenir, to support, sustain, maintain, uphold.
souterrain, **–e**, underground, subterranean.
souterrain, *m*., cave, vault, dungeon.
soutient, **soutint**, *see* **soutenir**.
soutirer, to draw off.
souvenir, *m*., remembrance.
souvent, often.
spécial, **–e**, special, peculiar.
spécialement, especially.
spécimen, *m*., specimen.
spectacle, *m*., spectacle, sight.
spectateur, *m*., spectator.
spectral, **–e**, spectral.
spectre, *m*., specter, phantom.
spectroscope, *m*., spectroscope.
spéculation, *f*., speculation.
sphère, *f*., sphere.
sphérique, spherical.
splendeur, *f*., splendor.
spongieu-x, **–se**, spongy.
spontané, **–e**, spontaneous, voluntary.
spontanément, spontaneously.
squelette, *m*., skeleton.
stabilité, *f*., stability, solidity.
stagnant, **–e** (gn *as in Eng*.), stagnant, standing.
stagnation (gn *as in Eng*.), *f*., stagnation.
station, *f*., station.
stationnaire, stationary.
statuette, *f*., statuette, small statue.
steppe, *m*., steppe, plain.
stimulant, **–e**, stimulating.
stratifier (**se**), to be stratified.
structure, *f*., structure.
stupeur, *f*., stupor.
su, *see* **savoir**.
suave, sweet, pleasant.
subdiviser (**se**), to be subdivided.
subir, to undergo.
subit, **–e**, sudden.
subitement, suddenly.
submerger, to submerge.
submersion, *f*., submersion.
subsister, to subsist, remain.
substance, *f*., substance.
substituer, to substitute; **se — à**, to supersede.
substitution, *f*., substitution.
suc, *m*., juice.
succéder (**à**), to succeed, follow; **se —**, to succeed, follow each other.
succès, *m*., success.
successi-f, **–ve**, successive.
successivement, successively, **in** succession.
succinct, **–e**, succinct, brief.
succomber, to succumb.
sucre, *m*., sugar.
sud, *m*., south.
sud-ouest, *m*., southwest.
suffire, to suffice, be sufficient.
suffisamment, sufficiently, enough.
suffisant, **–e**, sufficient.
Suisse, *f*., Switzerland.
suisse, Swiss.
suit, *see* **suivre**.
suite, *f*., continuation, order, succession, series; **ainsi de —**, so on; **par — de**, as a result of; **tout de —**, immediately; **par —**, consequently; **à la — de**, in consequence of; **dans la —**, **par la —**, eventually; **de —**, at once.
suivant, according to, following; **— que**, according as.
suivant, **–e**, following, next.

suivre, to follow; **se —**, to follow each other, be connected.
sujet, **–te**, subject, liable.
sujet, *m.*, subject, individual.
sulfuré, **–e**, sulphureted.
sulfureu-x, **–se**, sulphurous.
sulfurique, sulphuric.
sulky, *m.*, sulky.
superbe, superb, magnificent.
superficie, *f.*, surface.
superficiel, **–le**, superficial, at the surface.
supérieur, **–e**, superior, upper.
supériorité, *f.*, superiority.
superposé, **–e**, superposed, superincumbent.
superposer, to superpose.
superstitieu-x, **–se**, superstitious.
suppléer, to supply, make up.
supplice, *m.*, punishment.
support, *m.*, support, prop.
supporter, to support, bear, stand.
supposer, to suppose, imply; **se —**, to fancy one's self.
suppression, *f.*, suppression.
supprimer, to suppress, do away with.
sur, on, upon, over, out of, to, toward, about.
sûr, **–e**, sure, certain, secure.
surabondamment, superabundantly.
surabondant, **–e**, superabundant.
surajouter, to superadd, add also.
surchauffer (se), to be overheated.
sureau, *m.*, elder, elder-bush.
surélever (se), to be raised higher, built up.
sûreté, *f.*, safety, security.
surexciter, to overexcite.
surface, *f.*, surface.
surnager, to float on the surface.
surpasser, to surpass, exceed.
surplus, *m.*, surplus; **au —**, besides, however.
surprenant, **–e**, surprising, astonishing.
surprendre, to surprise.
surprise, *f.*, surprise.
surtout, above all, especially.
surveillance, *f.*, supervision, oversight.
surveiller, to watch, inspect, look after.
susceptible, susceptible.
suspendre, to suspend, hang.
suspendu, **–e**, suspension, suspended, on springs.
suspension, *f.*, suspension.
système, *m.*, system.

T

table, *f.*, table.
tableau, *m.*, picture.
tablette, *f.*, tablet, plate.
tablier, *m.*, floor, flooring, platform.
tache, *f.*, spot; **— du soleil**, **— solaire**, sun-spot.
tâche, *f.*, task.
tailler, to cut, carve, hew.
talus, *m.*, slope, declivity.
tamis, *m.*, sieve, tray.
tamiser, to sift, filter, percolate.
tandis que, while.
tant, so much, so many, to such a degree, as much, so long, as long.
tantôt, sometimes, now, then.
tapis, *m.*, carpet, carpeting.
tapisser, to carpet, cover.
tard, late; **au plus —**, at the latest, at farthest.
tarder, to be long, be slow, delay.
tarir, to be drained, exhausted.
tâtonnement, *m.*, groping, trial, attempt.
taupinière, *f.*, molehill.
technique, technical.
teindre, to tinge.
teint, *m.*, complexion; *see* **teindre**.
teinte, *f.*, tint, shade.
tel, **–le**, such, many a, a given; **— ou —**, such and such.

télégraphe, *m.*, telegraph.
télégraphie, *f.*, telegraphy.
télégraphique, telegraphic, telegraph.
téléphone, *m.*, telephone.
téléphonie, *f.*, telephony.
téléphonique, telephonic, by telephone, telephone.
télescope, *m.*, telescope.
télescopique, telescopic.
tellement, so, so much.
téméraire, rash, daring.
témoignage, *m.*, testimony, evidence.
témoigner de, to bear witness to.
témoin, *m.*, witness.
température, *f.*, temperature.
tempéré, -e, temperate.
tempête, *f.*, tempest, storm.
temps, *m.*, time, weather; **en même —,** at the same time.
tendance, *f.*, tendency.
tendre, soft, delicate.
tendre, to tend, stretch, aim.
tendu, -e, taut, stretched.
ténèbres, *f. plur.*, darkness.
tenir, to hold, keep, speak; **se —,** to keep one's self, remain, be contained, held; **— à,** to be due to.
tension, *f.*, tension.
tentative, *f.*, attempt, trial.
tenter, to attempt, try, tempt.
tenu, -e, *see* **tenir.**
ténu, -e, tenuous, thin, minute.
ténuité, *f.*, tenuity, thinness.
terme, *m.*, term, expression.
terminer, to end, terminate.
terrain, *m.*, ground, soil, piece of ground, rock, field.
terre, *f.*, earth, ground, land, soil; **— cuite,** baked clay, terra cotta.
terrestre, terrestrial, of the earth.
terreu-x, -se, earthy, of the earth.
terrible, terrible, dreadful.
territoire, *m.*, territory.
têtard, *m.*, tadpole.
tête, *f.*, head, top.
théâtre, *m.*, theater, scene, stage.
théorie, *f.*, theory.
théorique, theoretical.
thermolampe, *m.*, thermolamp, heat and light-giving lamp.
thermomètre, *m.*, thermometer.
tiennent, tient, *see* **tenir.**
tiers, *m.*, third.
tige, *f.*, stem, stalk, rod, shaft, suspender.
timonier, *m.*, steersman, helmsman.
tirer, to draw, pull, get, derive.
tiroir, *m.*, slide-valve.
tissu, *m.*, tissue, textile fabric.
titre, *m.*, title, right, claim.
toile, *f.*, cloth, canvas, painting, picture.
toit, *m.*, roof.
toiture, *f.*, roofing, roof.
tôle, *f.*, sheet-iron, iron plate.
tombeau, *m.*, tomb, tombstone, grave.
tombée, *f.*, fall; **— de la nuit,** nightfall.
tomber, to fall.
ton, *m.*, tone, color.
tonne, *f.*, ton.
tordre, to twist.
torrent, *m.*, torrent.
torrentiel, -le, falling in torrents.
torride, torrid.
torsion, *f.*, wrenching, twisting.
tort, *m.*, wrong; **à —,** wrongly.
tôt, soon; **— ou tard,** sooner or later.
total, -e, total, whole, entire.
total, *m.*, whole, sum total.
totalement, totally.
totalité, *f.*, totality, whole.
toucher, to touch; **se —,** to touch each other.
toucher, *m.*, feeling, touch.
touffe, *f.*, tuft, bunch.
touffu, -e, tufted, massy.
toujours, always, still, ever.
tour, *m.*, turn, revolution, circumference, lathe; **faire le — de,** to go around; **— à —,** in turn.

tourbage, *m.*, peat-formation.
tourbe, *f.*, peat.
tourbeu-x, -se, turfy, peaty.
tourbière, *f.*, peat-bog, peat-bed.
touriste, *m.*, tourist.
tourmente, *f.*, storm, tempest.
tourmenter, to torment, molest, toss, agitate.
tourner, to turn, revolve.
tournure, *f.*, turnings.
tous, *plur. of* **tout.**
tout, -e, all, whole, every, wholly, quite, just; **— un, —e une,** a whole; **— à fait,** wholly, entirely.
tout, *m.*, whole, everything.
toutefois, however.
toute-puissance, *f.*, omnipotence.
trace, *f.*, trace, mark, track, footstep.
tracé, *m.*, outline, direction, line.
tracer, to trace, draw.
tradition, *f.*, tradition.
traduction, *f.*, translation.
traduire, to translate, express; **se —,** to be translated, expressed.
trahir, to betray, disclose.
train, *m.*, train, quarters (of animal).
traînée, *f.*, trail, train.
trait, *m.*, stroke, line, touch, trait, feature, draft.
traité, *m.*, treatise.
trajet, *m.*, passage, course, line.
tranchant, -e, sharp, sharp-edged.
tranché, -e, decided, definite, distinct.
tranchée, *f.*, trench, cutting, excavation.
tranchet, *m.*, paring-knife.
tranquille, quiet, tranquil.
transformation, *f.*, transformation.
transformer, to transform, change; **se —,** to be transformed.
translation, *f.*, transmission, movement, conveyance, revolution.
translucide, translucent.
translucidité, *f.*, translucency.
transmetteur, *m.*, transmitter.
transmettre, to transmit, transfer; **se —,** to be transmitted.
transmis, *see* **transmettre.**
transmission, *f.*, transmission.
transparence, *f.*, transparency, translucency.
transparent, -e, transparent.
transplanter, to transplant.
transport, *m.*, conveyance, revolution, passage.
transporter, to transport, carry; **se —,** to transport one's self, be carried.
travail, *m.*, work, labor.
travailler, to work, fashion.
travailleur, *m.*, worker.
travée, *f.*, truss, span.
travers, *m.*, breadth; **en — (de),** across, crosswise; **à —,** across, through; **au — de,** through.
traverse, *f.*, cross-beam, girder, sleeper.
traverser, to cross, pass through, go over, traverse.
trèfle, *m.*, trefoil, clover.
tremblement, *m.*, trembling, shaking; **— de terre,** earthquake.
tremblotant, -e, quivering, tremulous.
trente, thirty.
trente-deux, thirty-two.
trentième, *m.*, thirtieth.
très, very, very much.
tressaillir, to start, quiver, thrill.
tresser, to form into tresses, interweave, twist.
triangulaire, triangular.
tricycle, *m.*, tricycle.
triomphe, *m.*, triumph.
triste, sad, cheerless, gloomy.
trois, three.
troisième, third.
trombe, *f.*, waterspout.

tromper (se), to be mistaken.
tronc, *m.*, trunk (of tree).
trop, too, too much, too many, very much.
tropical, -e, tropical.
tropique, *m.*, tropic.
trottoir, *m.*, footpath, sidewalk.
trou, *m.*, hole.
trouble, turbid, thick, muddy.
troubler, to disturb; **se —**, to be disturbed, confused.
troupeau, *m.*, flock, herd.
trouver, to find, meet, discover; **se —**, to be, be found, happen to be.
tube, *m.*, tube.
tubercule, *m.*, tubercle.
tubérosité, *f.*, tuberosity.
tuile, *f.*, tile.
tuyau, *m.*, pipe, tube; **— de conduite**, main.
type, *m.*, type.

U

ultérieur, -e, subsequent.
un, -e, one, a, an; **les —s**, some; **l'— et l'autre**, both.
uni, -e, even, level, smooth.
uniformément, uniformly.
uniformité, *f.*, uniformity.
union, *f.*, union.
unique, only, single.
uniquement, only, solely.
unir, to unite, join.
unisson, *f.*, unison.
univers, *m.*, universe.
université, *f.*, university.
urus, *m.*, urus, wild ox.
usage, *m.*, use, practice, habit.
user, to wear away, rub down.
usine, *f.*, works, factory.
usité, -e, in use, used.
ustensile, *m.*, utensil, implement.
utile, useful.
utiliser, to utilize, make use of.
utilité, *f.*, utility, benefit.

V

va, *see* **aller.**
vague, *f.*, wave.
vague, vague.
vaincre, to conquer, overcome.
vaisseau, *m.*, vessel, ship; **— sanguin**, blood vessel.
vaisselle, *f.*, plates and dishes, plate.
valeur, *f.*, value.
vallée, *f.*, valley.
valoir, to be worth, set off, show to advantage, bring, procure, give.
vapeur, *f.*, vapor, steam; **— d'eau**, aqueous vapor; **machine à —**, steam-engine; **bateau à —**, steamboat.
variable, variable.
variable, *m.*, change.
variation, *f.*, variation, change.
varié, -e, varied.
varier, to vary, diversify.
variété, *f.*, variety.
vase, *m.*, vessel, vase.
vase, *f.*, slime, mud.
vaste, vast, spacious.
vécu, *see* **vivre.**
végétal, -e, vegetable.
végétal, *m.*, vegetable (plant, tree).
végétation, *f.*, vegetation.
végéter, to vegetate.
véhicule, *m.*, vehicle.
veille, *f.*, waking, wakefulness.
veine, *f.*, vein.
vendre, to sell.
venger, to avenge.
venir, to come; **— de**, to have just; **— à**, to happen to.
Venise, Venice.
vent, *m.*, wind.
vente, *f.*, sale.
venu, *m.*, comer.
venue, *see* **venir.**
verbe, *m.*, verb.
verdâtre, greenish.

verdâtre, *m.*, greenish color.
verdoyant, -e, verdant, green.
verdure, *f.*, verdure.
verifier, to verify, confirm.
véritable, genuine, real, true.
véritablement, truly, really, in reality.
vérité, *f.*, truth; **à la —,** indeed, in truth.
vernis, *m.*, varnish, glazing.
vernissé, -e, glazed.
verra, *see* **voir.**
verre, *m.*, glass.
verrions, verrons, *see* **voir.**
vers, *m.*, verse.
vers, toward, to, about.
versant, *m.*, side, slope.
verser, to pour, shed, discharge.
vert, -e, green.
vert, *m.*, green.
vertébral, -e, vertebral.
vertèbre, *f.*, vertebra.
vertical, -e, vertical.
verticale, *f.*, vertical.
verticalement, vertically.
vertu, *f.*, virtue, quality.
vestige, *m.*, vestige.
vêtement, *m.*, garment.
vêtir (se), to clothe one's self.
veuve, *f.*, widow.
veux, veut, *see* **vouloir.**
viande, *f.*, meat.
vibrateur, *m.*, vibrator.
vibration, *f.*, vibration.
vibratoire, vibratory.
vibrer, to vibrate.
vice, *m.*, vice, defect.
vicier, to vitiate.
victime, *f.*, victim.
vide, empty, vacant, vacuous, void.
vide, *m.*, void, emptiness, vacuum, gap; **à —,** in the air, empty, unused.
vie, *f.*, life; **sans —,** lifeless.
vieillir, to grow old.
viendrait, *see* **venir.**
viennent, vient, *see* **venir.**
vif, vive, bright, intense, strong, vivid, sharp, living, lively, great.
vigilant, -e, vigilant, watchful.
vigoureu-x, -se, vigorous, strong.
vigoureusement, vigorously.
vigueur, *f.*, vigor, strength.
village, *m.*, village.
ville, *f.*, town, city.
vinaigre, *m.*, vinegar.
vingt, twenty.
vingt-cinq, twenty-five.
vingt-quatre, twenty-four.
vint, *see* **venir.**
violemment, violently.
violence, *f.*, violence, force.
violent, -e, violent.
violet, -te, violet-colored.
violet, *m.*, violet color.
virent, *see* **voir.**
virginité, *f.*, virginity, freshness.
vis (s *sounded*), *f.*, screw; **— sans fin,** endless screw.
visage, *m.*, face, countenance.
vis-à-vis (de), opposite.
visible, visible.
vision, *f.*, sight, vision.
visiter, to visit, inspect.
visiteur, *m.*, visitor.
visqueu-x, -se, slimy, clammy, viscous.
visuel, -le, visual.
vit, *see* **voir**; *see* **vivre.**
vital, -e, vital.
vite, fast, rapidly.
vitesse, *f.*, rapidity, velocity, speed.
vitre, *f.*, glass, window-glass.
vitreu-x, -se, vitreous.
vitriol, *m.*, vitriol, sulphuric acid.
vivace, perennial.
vivacité, *f.*, vivacity, brightness.
vivant, -e, living, alive.
vive, *see* **vif.**
vivement, quickly, forcibly, brightly, actively.
vivifiant, -e, vivifying.
vivifié, -e, strengthened.
vivre, to live.

voici, here is, here are, this is, these are.
voie, *f.*, way, road, line, track, roadway, gauge; **en — de**, in course of.
voilà, behold, there is, there are, that is, those are.
voile, *m.*, veil.
voile, *f.*, sail.
voiler, to veil, cover.
voir, to see; **faire —**, to show.
voisin, **-e** (**de**, to), neighboring, next, near.
voisinage, *m.*, vicinity.
voiture, *f.*, vehicle, carriage, coach, wagon.
voiturette, *f.*, small automobile, light carriage.
voix, *f.*, voice.
volant, **-e**, flying.
volant, *m.*, fly-wheel.
volcan, *m.*, volcano.
volcanique, volcanic.
voler, to fly.
volet, *m.*, window-shutter, shutter.
volonté, *f.*, will.
voltiger, to flutter.
volume, *m.*, volume, mass.
volumineu-x, **-se**, voluminous, large.
volupté, *f.*, pleasure, delight.
vomir, to emit, throw forth.
voudrait, *see* **vouloir**.
vouloir, to wish, want, will.
vous, you.
voûte, *f.*, vault, archway.
voyage, *m.*, journey, voyage, trip
voyager, to travel.
voyageur, *m.*, traveler, passenger.
voyant, *see* **voir**.
vrai, **-e**, true, real.
vrai, truly.
vraiment, truly, really.
vraisemblablement, probably.
vu, **vue**, *see* **voir**.
vue, *f.*, sight, view, eyesight; **en — de**, with a view to.
vulgaire, vulgar, common.
vulgaire, *m.*, vulgar, common man, ignorant man.
vulgairement, commonly.

W

wagon, *m.*, car, coach (of railroads).

Y

y, there, to it, to them, in it, in them; **il — a**, there is, there are, ago.
yeux, *m.* (*plur. of* **œil**), eyes.

Z

zinc, *m.*, zinc.
zone, *f.*, zone.
zoologique, zoölogical.



ADVERTISEMENTS

Heath's Modern Language Series.

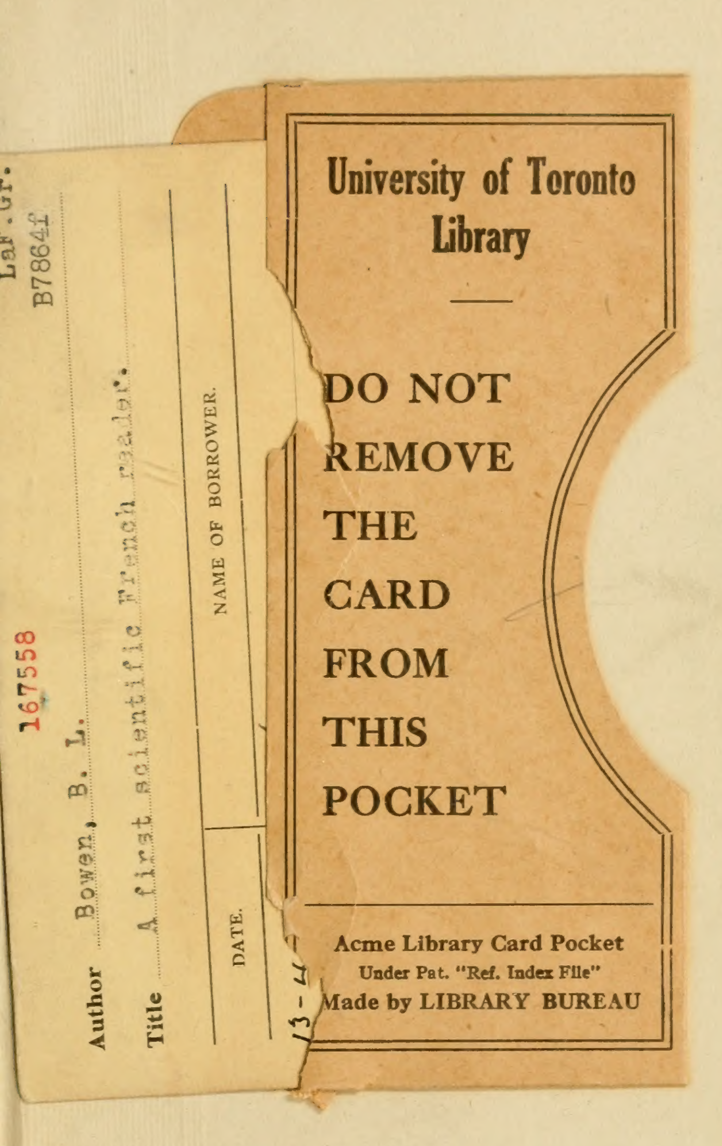
FRENCH GRAMMARS AND READERS.

Bruce's Grammaire Française. $1.12.
Clarke's Subjunctive Mood. An inductive treatise, with exercises. 50 cts.
Edgren's Compendious French Grammar. $1.12. **Part I.** 35 cts.
Fontaine's Livre de Lecture et de Conversation. 90 cts.
Fraser and Squair's French Grammar. $1.12.
Fraser and Squair's Abridged French Grammar. $1.10.
Fraser and Squair's Elementary French Grammar. 90 cts.
Grandgent's Essentials of French Grammar. $1.00.
Grandgent's Short French Grammar. Help in pronunciation. 75 cts.
Grandgent's Lessons and Exercises. *For Grammar Schools.* 25 and 30 cts.
Hennequin's French Modal Auxiliaries. With exercises. 50 cts.
Houghton's French by Reading. $1.12.
Mansion's First Year French. For young beginners. 50 cts.
Méthode Hénin. 50 cts.
Bruce's Lectures Faciles. 60 cts.
Bruce's Dicteés Françaises. 30 cts.
Fontaine's Lectures Courantes. $1.00.
Giese's French Anecdotes. 00 cts.
Hotchkiss' Le Primer Livre de Français. Boards. 35 cts.
Bowen's First Scientific Reader. 90 cts.
Davies' Elementary Scientific French Reader. 40 cts.
Lyon and Larpent's Primary French Translation Book. 60 cts.
Snow and Lebon's Easy French. 60 cts.
Super's Preparatory French Reader. 70 cts.
Bouvet's Exercises in Syntax and Composition. 75 cts.
Storr's Hints on French Syntax. With exercises. 30 cts.
Brigham's French Composition. 12 cts.
Comfort's Exercises in French Prose Composition. 30 cts.
Grandgent's French Composition. 50 cts.
Grandgent's Materials for French Composition. Each, 12 cts.
Kimball's Materials for French Composition. Each, 12 cts.
Mansion's Exercises in Composition. 160 pages. 60 cts.
Marcou's French Review Exercises. 25 cts.
Prisoners of the Temple (Guerber). For French Composition. 25 cts.
Story of Cupid and Psyche (Guerber). For French Composition. 18 cts.
Heath's French Dictionary. Retail price, $1.50.

Heath's Modern Language Series.

INTERMEDIATE FRENCH TEXTS. (Partial List.)

Beaumarchais's Le Barbier de Seville (Spiers). 25 cts.
Erckmann-Chatrian's Waterloo (Super). 35 cts.
About's Le Roi des Montagnes (Logie). 40 cts. Vocabulary, 50 cts.
Pailleron's Le Monde où l'on s'ennuie (Pendleton). 30 cts.
Historiettes Modernes (Fontaine). Vol. I. 60 cts.
Historiettes Modernes. Vol. II. 35 cts.
Fleurs de France (Fontaine). 35 cts.
French Lyrics (Bowen). 60 cts.
Loti's Pêcheur d'Islande (Super). 40 cts.
Loti's Ramuntcho (Fontaine). 30 cts.
Sandeau's Mlle. de la Seiglière (Warren). 30 cts.
Souvestre's Le Mari de Mme. Solange (Super). 20 cts.
Souvestre's Les Confessions d'un Ouvrier (Super). 25 cts.
Souvestre's Un Philosophe sous les Toits (Fraser). 50 cts. Vocab., 55 cts.
Augier's Le Gendre de M. Poirier (Wells). 25 cts.
Scribe's Bataille de Dames (Wells). 25 cts.
Scribe's Le Verre d'eau (Eggert). 30 cts.
Merimée's Colomba (Fontaine). 35 cts. With vocabulary. 45 cts.
Merimée's Chronique du Règne de Charles IX (Desages). 25 cts.
Musset's Pierre et Camille (Super). 20 cts.
Verne's Tour du Monde en quatre vingts jours (Edgren). 35 cts.
Verne's Vingt mille lieues sous la mer (Fontaine). Vocabulary. 45 cts.
Sand's La Mare au Diable (Sumichrast). Vocabulary. 35 cts.
Sand's La Petite Fadette (Super). Vocabulary. 35 cts.
Sept Grands Auteurs du XIXe Siècle (Fortier). Lectures, 60 cts.
Vigny's Cinq-Mars (Sankey). Abridged. 60 cts.
Vigny's Le Cachet Rouge (Fortier). 20 cts.
Vigny's Le Canne de Jonc (Spiers). 40 cts.
Halévy's L'Abbé Constantin (Logie). 30 cts. Vocab. 40 cts.
Halévy's Un Mariage d'Amour (Hawkins). 25 cts.
Renan's Souvenirs d'Enfance et de Jeunesse (Babbitt). 75 cts.
Thier's Expédition de Bonaparte en Egypte (Fabregou). 30 cts.
Gautier's Jettatura (Schinz). 30 cts.
Guerber's Marie-Louise. 25 cts.
Zola's La Débâcle (Wells). Abridged. 60 cts.



University of Toronto
Library
DO NOT
REMOVE
THE
CARD
FROM
THIS
POCKET
Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU
LaF.Gr.
B7864f
167558
Author Bowen, B. L.
Title A first scientific French reader.
NAME OF BORROWER.
DATE.